

# **El desarrollo humano sostenible en las aulas **politécnicas****



**Material para la innovación docente**

**Agustí Pérez-Foguet y Josep Lobera (eds.)  
Universidad Politécnica de Cataluña, 2008**

**El desarrollo humano sostenible en las aulas politécnicas.  
Material para la innovación docente**

Agustí Pérez-Foguet y Josep Lobera (eds.)

Con la colaboración de:  
Centre de Cooperació pel Desenvolupament (CCD)  
Global University Network for Innovation (GUNI)  
Institut de Ciències de l'Educació (ICE) de la UPC  
Centre per la Sostenibilitat (CITIES)  
Càtedra UNESCO de Sostenibilitat de la UPC

Con el apoyo de la Agencia Catalana de Cooperació al Desenvolupament (ACCD)

Producido por el Servicio de Comunicación y Promoción de la  
Universidad Politécnica de Cataluña, 2008



Attribution-Noncommercial-No Derivative Works 3.0 licence

Una versión actualizada de estos materiales se pueden encontrar en el apartado de  
*Comunicacions d'innovació docent* en:  
<http://upcommons.upc.edu/e-prints/>

# **El desarrollo humano sostenible en las aulas **politécnicas****

**Material para la innovación docente**

**Agustí Pérez-Foguet y Josep Lobera (eds.)  
Universidad Politécnica de Cataluña, 2008**



## **Índice**

### **Parte I. Marco teórico**

La educación para el desarrollo: eje de la tecnología para el desarrollo humano  
Agustí Pérez-Foguet.

Ética y tecnología.  
Miquel Barceló

Ingeniando el futuro.  
Didac Ferrer-Balas

Multiculturalidad en la ingeniería.  
Assumpta Aneas

El saber transdisciplinaro. Pensar el contexto y lo complejo  
Alfredo Pena-Vega

Cómo desarrollar nuevas competencias en el aprendizaje tecnológico  
Josep Lobera

Aprender mediante la cooperación.  
Joan Domingo

### **Parte II. Propuestas docentes**

El comercio justo en la docencia de la microeconomía  
Anna Escuer Costa, Lucas van Wunnik

Infraestructuras y desarrollo de un país sin litoral: El caso de Malawi  
Alvar Garola Crespo, Rainer González Palau

Diseño de adaptación de un proceso productivo en Ghana para la exportación de cables eléctricos de baja tensión  
Joan Masarnau, Ma. Lluïsa Puig Solé

El análisis de datos estadístico en cooperación para el desarrollo: algunos casos prácticos  
Ma. Isabel Ortego, Josep Gibergans-Báguena

Diseño y construcción de tanques de ferrocemento  
Miren Etxeberria, Iokin Berrido

Rehabilitación del hospital Catalunya en los campos de refugiados saharauis de Tindouf  
Sandra Bestraten, Emilio Hormias

Abastecimiento de energía en comunidades aisladas en países en desarrollo  
Enrique Velo García

Tecnología energética para el desarrollo humano  
Lluís Batet, Goeske de Jong, Guillem Cortés, Carme Preti

Creación de un laboratorio virtual para la simulación de sistemas sostenibles de agua  
Antoni Grau y Yolanda Bolea

Modelos de simulación de sistemas agrarios  
David Connor, Jordi Comas, Helena Gómez Macpherson, Luciano Mateos, David Casanova

Consecuencias de una crisis humanitaria: Desastre humano y Desastre mediambiental  
Càrol Puig, Nieves Molina

### **Parte III. Anexos**

Material complementario de las propuestas docentes

1. Anexo. El comercio justo en la docencia de la microeconomía. Anna Escuer Costa, Lucas van Wunnik
2. Anexo presentacion. Infraestructuras y desarrollo de un país sin litoral: El caso de Malawi. Alvar Garola Crespo, Rainer González Palau
3. Anexo. Diseño de adaptación del proceso productivo en Ghana para la exportación de cables eléctricos de baja tensión. Joan Masarnau, Ma. Lluïsa Puig Solé
4. Anexo. El análisis de datos estadístico en cooperación para el desarrollo: algunos casos prácticos. Ma. Isabel Ortego, Josep Gibergans-Báguena
5. Anexo. Diseño y construcción de tanques de ferrocemento. Miren Etxeberria, Iokin Berrido
6. Anexo. Abastecimiento de energía en comunidades aisladas en países en desarrollo. Enrique Velo García
7. Anexo. Creación de un laboratorio virtual para la simulación de sistemas sostenibles de agua. Antoni Grau y Yolanda Bolea

# **Parte I**

## **Marco teórico**





## **La educación para el desarrollo: eje de la tecnología para el desarrollo humano**

*Agustí Pérez-Foguet*

Grupo de Investigación en Cooperación y Desarrollo Humano (GRECDH)

Centro de Cooperación para el Desarrollo (CCD)

Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

agusti.perez@upc.edu

### **RESUMEN**

En el siguiente texto se presentan algunos elementos para la reflexión sobre las propuestas de educación para el desarrollo en entornos politécnicos. Específicamente se discute el concepto de *Tecnología para el Desarrollo*, entendido desde una interpretación del desarrollo en términos de *Desarrollo Humano* y de la tecnología desde una perspectiva propia del campo de la *Ciencia, Tecnología y Sociedad*. La propuesta se basa en las experiencias desarrolladas desde diversas universidades españolas desde mediados de los años 90, específicamente de la práctica y el análisis de actividades de *Educación para el Desarrollo* en entornos politécnicos.

Los dos conceptos (*Tecnología para el Desarrollo Humano*, TDH, y *Educación para el Desarrollo*, ED) se sitúan en el origen de los materiales docentes que siguen a este texto. El proyecto de innovación que ha permitido su recopilación, impulsado gracias a la *Agencia Catalana de Cooperació per al Desenvolupament*, tiene sus raíces en este marco conceptual.

La propuesta se inicia con una breve exposición de los diferentes actores vinculados con la tecnología en la esfera internacional, a continuación se resume la propuesta de la TDH y se exponen los planteamientos del PNUD, la UNESCO y los Objetivos de Desarrollo del Milenio en relación a la tecnología; posteriormente se profundiza y se detallan líneas de actuación de la TDH en el ámbito de la *Cooperación para el Desarrollo*, para finalizar con una reflexión sobre como la ED se sitúa como eje de la propuesta de TDH.

### **El contexto internacional**

El papel de la tecnología en los ámbitos del desarrollo y la cooperación internacional tiene ha incrementado su visibilidad, y probablemente, su reconocimiento desde inicios del nuevo siglo. Sirvan de ejemplo dos recientes informes anuales de instituciones gubernamentales que destacan el papel de la ingeniería a la hora de analizar el estado del mundo desde la perspectiva del desarrollo (*Poner el adelanto tecnológico al servicio del desarrollo humano* del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD, del 2001 y *Servicios para los pobres* del Banco Mundial, 2004). El informe de la UNESCO *Ingeniería para un mundo mejor* (2003) y el del InterAcademy Council (2004) *Inventar un futuro mejor*, apuntan en direcciones parecidas, al igual que el trabajo del equipo de Ciencia, Tecnología e Innovación del proyecto Millenium de la ONU *Innovación: aplicar el conocimiento al desarrollo* (2005) que analiza cómo la tecnología, las infraestructuras y la ingeniería pueden contribuir a conseguir los Objetivos de Desarrollo del Milenio.

Por otra parte, también en el ámbito internacional, tanto Organizaciones No Gubernamentales para el Desarrollo (ONGD) relacionadas con la ingeniería, como asociaciones profesionales, han incrementado en los últimos años su labor a favor de la promoción del desarrollo humano y de la reducción de la pobreza. Entre las ONGD destaca el Grupo de Desarrollo de Tecnologías Intermedias, Practical Action – ITDG, [www.itdg.org](http://www.itdg.org), nacido en los años 60, Ingeniería Sin Fronteras, ISF/EWB, nacida en Francia en los 80, [www.isf-france.org](http://www.isf-france.org), en España en los 90, [www.isf.es](http://www.isf.es), y desde el cambio de siglo en diversos países más, ver [www.ewb.ca](http://www.ewb.ca) y [www.ewb-international.org](http://www.ewb-international.org) entre otros enlaces. Destacan otras propuestas como Ingenieros por un Mundo Sostenible, [www.esustainableworld.org](http://www.esustainableworld.org), Ingenieros Registrados para el Desarrollo y la Emergencia, [www.redr.org](http://www.redr.org), e Ingenieros Contra la Pobreza, [www.engineersagainstpoverity.org](http://www.engineersagainstpoverity.org),

o la fusión entre Voluntarios en Asistencia Técnica y Tecnologías Apropriadas Internacional, [www.enterpriseworks.org](http://www.enterpriseworks.org). Dentro de las asociaciones profesionales destaca la Federación Mundial de Organizaciones de Ingenieros, FMOI/WFEO, creada también a finales de los 60, con un nuevo Comité permanente impulsado desde mediados del 2004 sobre Desarrollo de Capacidades, [www.wfeo.org](http://www.wfeo.org), o la Institución de Ingeniería Civil del Reino Unido, ICE-UK, [www.ice.org.uk](http://www.ice.org.uk), a través de la comisión presidencial Ingeniería Sin Límites, EWF, impulsada desde finales del 2003. Las diferentes organizaciones citadas mantienen puntos de contacto y de trabajo en red, gracias, entre otros factores, al rol de facilitador asumido por la UNESCO, destacando el primer encuentro celebrado en París en mayo del 2005.

Con todo, las diferencias en la concepción del paradigma de desarrollo, así como en las estrategias prácticas de desarrollo de capacidades tecnológicas, provocan que, pese al alto grado de actividad, el impacto de la aportación desde las ingenierías en las políticas globales sea más reducido de lo que podría parecer, existiendo una amplia percepción social de que las aportaciones tecnológicas participan más de los *problemas* que de las *soluciones* del mundo. Con el objetivo de superar esta situación, o al menos participar activamente en el debate, a continuación se incide en la propuesta de la Tecnología para el Desarrollo Humano (TDH), presentando planteamientos del PNUD, la UNESCO y los Objetivos de Desarrollo del Milenio en relación a la tecnología. Con posterioridad se centra el análisis en el papel de la TDH en el ámbito de la Cooperación para el Desarrollo, finalizando con una reflexión sobre como la Educación para el Desarrollo constituye un eje central de la misma.

### **Tecnología para el Desarrollo Humano**

El concepto toma como referencia el paradigma del Desarrollo Humano (DH) impulsado por el PNUD desde principios de los años 90, y una interpretación amplia de la Tecnología, basada en las propuestas del campo académico de estudio de Ciencia, Tecnología y Sociedad, Pérez-Foguet *et al.* (2005b). La propuesta TDH representa una actualización/revisión de la idea de Tecnologías Apropriadas, término que se hizo muy popular durante los 70, y que ha sido cuestionado en algunos foros por su uso en un sentido excesivamente reduccionista.

El vínculo explícito entre tecnología y desarrollo humano puede argumentarse de diversas formas. La más inmediata es que dado que la tecnología está directamente relacionada con el modelo de desarrollo, es posible (¿y éticamente necesario?) orientarla hacia la promoción del desarrollo en términos de desarrollo humano. No existe una correlación relación directa entre crecimiento económico y desarrollo o, desde otro punto de vista, es posible el crecimiento y el aumento de la extrema pobreza y desigualdad, por tanto, la tecnología debe orientarse directamente al servicio del desarrollo, superando el enfoque lineal clásico: Progreso tecnológico que implica progreso económico y este a su vez progreso social. A este respecto destaca el enfoque presentado por el PNUD en el informe del 2001 donde se presenta un doble círculo virtuoso. Las innovaciones tecnológicas afectan doblemente al desarrollo humano. Por un lado, elevan de modo directo las capacidades humanas gracias a sus aportaciones en diferentes sectores como la salud, la educación, etc., y, por otro, constituyen un medio para lograr el desarrollo gracias a sus repercusiones positivas en el crecimiento económico. A su vez, el desarrollo humano es un medio crucial para potenciar el desarrollo tecnológico, debido a su vocación de aumento de capacidades. Por consiguiente, el desarrollo humano y los avances tecnológicos se refuerzan mutuamente, con lo que se crea un primer círculo virtuoso. Por otro lado, la relación entre progreso tecnológico y crecimiento constituye un segundo círculo virtuoso que potencia al primero a través de los efectos directos del crecimiento económico sobre el desarrollo de capacidades.

La tecnología puede relacionarse de otras formas con el paradigma del desarrollo humano, siendo una de ellas la relectura de las propuestas tecnológicas en relación con las dimensiones que caracterizan el desarrollo humano Pérez-Foguet *et al.* (2005b): Tecnologías que permiten

cubrir los derechos y servicios básicos con equidad (vinculables a la esperanza de vida recogida en el Índice de Desarrollo Humano, IDH); las tecnologías que permiten asegurar las posibilidades de producción y participación social (vinculables al acceso a recursos presente el IDH, entendidos éstos como medios para desarrollar una vida digna); y las tecnologías que facilitan la sostenibilidad y la autonomía (vinculables al aumento de la educación recogida en el IDH, y entendida ésta como aumento en la capacidad de gestión de conocimientos sobre el medio físico, social, cultural, tecnológico...).

Es posible relacionar también tecnología con pobreza. Como dice el informe del PNUD de 1998: “existe una particular necesidad de tecnologías que satisfagan las necesidades de los pobres”. En ese mismo informe se puede apreciar que junto a las medidas políticas, sociales o jurídicas, aparecen propuestas tecnológicas para diversos problemas relativos a la pobreza. Así, las tres dimensiones de los índices de pobreza humana propuestos por el PNUD pueden relacionarse directamente con la tecnología. La pobreza de ingreso parece la más evidente, a través de la mejora de los procesos productivos, las infraestructuras económicas, etc. Que pueden revertir en la mejora de la situación económica. Pero las otras dos son también relevantes. Por un lado, la tecnología es la clave del aseguramiento de muchos de los servicios comunitarios básicos que se sustentan en redes de infraestructuras: agua potable, comunicaciones, electricidad, etc.; y por otro, destaca como la tecnología puede mejorar la vida gracias al aumento de las capacidades de las personas para su participación creativa y rentable en la sociedad. Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) pueden ser cruciales para vertebrar una sociedad aislada: para generar capacidades de acceso a posibilidades económicas, para acceder a servicios públicos, fomentar la participación y generar sensación de pertenencia (inclusión), etc.; pueden igualmente, ser muy importantes para mejorar los servicios sociales básicos, educación y sanidad. Por último, a este respecto, nótese que si en vez de centrarnos en el enfoque de la pobreza, tomamos alguna de las teorías de las necesidades humanas, es también inmediato ver la relación directa de las necesidades humanas con la tecnología: necesidades de subsistencia, de protección, de participación...

*Tras la breve reflexión inicial sobre los vínculos de la tecnología con desarrollo humano y pobreza, a continuación se destacan algunos de los principales puntos de referencia internacional en los que situar la propuesta de TDH. Se presenta el primer lugar un resumen de las propuestas del PNUD, básicamente en relación a su informe anual del año 2001. Posteriormente se presentan las principales líneas de trabajo de UNESCO relativas al sector de la tecnología. Este segundo punto de referencia se considera especialmente importante por el papel de UNESCO en relación a la educación universitaria, aunque varía su enfoque, en relación al del PNUD, más hacia el paradigma del desarrollo sostenible que hacia el del desarrollo humano. Por último se incluyen propuestas elaboradas en relación a los Objetivos de Desarrollo del Milenio que aportan un punto de vista complementario y más operativo sobre tecnología, pobreza y desarrollo.*

#### *Indicadores y Tecnología para el Desarrollo desde el PNUD*

El informe del PNUD de 2001 se presentan dos indicadores relativos a las capacidades en relación al adelanto tecnológico: El Índice de Adelanto Tecnológico (IAT) y los Nodos de Innovación Tecnológica (NIT). Además describe con detalle tres aspectos clave de la relación de la tecnología con la sociedad del siglo XXI desde una perspectiva de promoción del desarrollo humano: Los vínculos circulares ya comentados con el crecimiento económico y el desarrollo humano, los profundos cambios sufridos con relación a la difusión del conocimiento y la gestión de los riesgos asociados al adelanto tecnológico.

El IAT refleja la capacidad de una sociedad de participar en el proceso de innovación tecnológica actual. Se define a partir de los logros de una sociedad en: Creación de tecnología, según el volumen de patentes e ingresos del extranjero por derechos de explotación; difusión de

innovaciones recientes, a través del número de nodos de Internet y del porcentaje de las exportaciones en alta tecnología; difusión de innovaciones antiguas, con arreglo al acceso a comunicación telefónica y al consumo eléctrico; y capacidad de adquirir y desarrollar conocimientos especializados, en términos de media de escolarización y de tasa bruta de matrícula terciaria (en ciencias e ingenierías). Por otro lado los NIT son los lugares donde existe la capacidad para crear tecnología, que se relacionan con la capacidad de las universidades, la presencia empresarial y la estabilidad económica, el dinamismo de la población para crear nuevas empresas, y la disponibilidad de capital para ello.

Es destacable que la brecha que separa los países ricos de los pobres no se limita a las nuevas tecnologías, siendo aun muy importante en las llamadas tecnologías maduras (aquellas que se vienen aplicando y perfeccionando desde hace varias décadas y que han sido ampliamente probadas). Adicionalmente, las enormes desigualdades que existen no son sólo de acceso a la tecnología, sino también a la educación y aptitudes necesarias para aprovecharla adecuadamente, y, por supuesto, a la capacidad de innovación y financiación.

Por otro lado, los cambios socioeconómicos ligados al proceso de globalización han modificado enormemente los mecanismos de difusión del conocimiento y el progreso tecnológico. Un repaso a la evolución tecnológica de la humanidad constata que cada vez es necesario menos tiempo para que las innovaciones tecnológicas se concreten, situación que se ve ahora acentuada por el desarrollo de las TIC. No sólo en el ámbito de la productividad se pueden encontrar ejemplos de la aceleración de los procesos de difusión, sino también en los indicadores de desarrollo humano, como el aumento de la esperanza de vida, muchas veces relacionados con los adelantos tecnológicos.

La revolución tecnológica y la globalización están configurando la "era de las redes" y están cambiando el modo en que se crea y se difunde la tecnología. La era de la industria se estructuró en torno a organizaciones verticales, con altos costos en transporte, información y comunicación, en cambio la era actual se estructura en vínculos horizontales basados en la competencia y la colaboración. En este nuevo contexto, para que los países pobres puedan aprovechar las nuevas oportunidades que se generan, es necesario que adecuen sus políticas para sacar provecho de las siguientes condiciones: Las cualificaciones son más importantes que nunca en el mercado mundial; ha surgido un mercado laboral mundial para los mejores profesionales de la tecnología; las nuevas normas mundiales que valorizan la tecnología cobran cada vez mayor importancia; el sector privado está a la vanguardia de la investigación y el desarrollo mundiales; y las empresas, los laboratorios de investigación y los medios financieros están convergiendo en nuevos nodos mundiales de innovación.

La movilidad de los científicos más capacitados y otros profesionales suponen una oportunidad única para los países pobres ya que la fuga de cerebros puede generar una diáspora que proporciona contactos empresariales y financieros. Aunque, por desgracia, esta oportunidad no se aprovecha adecuadamente y las inversiones en educación que efectúan los países pobres subsidian las economías de países industrializados. La reducción de la brecha digital tal vez pueda fomentar las redes horizontales de manera que los países del Sur sí puedan aprovechar en el futuro los cuadros mejor formados que emigran al extranjero.

Por otro lado es necesario destacar que el mercado es un poderoso impulsor del progreso tecnológico, pero es insuficiente para crear y difundir las tecnologías necesarias para erradicar la pobreza. Las finanzas están concentradas en manos de las empresas transnacionales que operan atendiendo al mercado mundial, el cual está dominado por consumidores de altos ingresos. Los pobres, aunque son muchos, tienen escaso poder adquisitivo y resultan, en general, un mercado menos apetecible. Curiosamente existen diversos ejemplos de empresas transnacionales que son capaces de operar en contextos de pobreza (algunas marcas de refrescos consiguen estar presentes en prácticamente todo el planeta), pero las propuestas

comercializadas responden más a las necesidades de los consumidores ricos que a las de los pobres. Así, la situación creada lejos de reducir la pobreza favorece la creación de necesidades añadidas y aumenta la dependencia.

Respecto al progreso tecnológico destacamos, por último, que entraña multitud de riesgos que es necesario evaluar y gestionar. Algunos riesgos son a escala mundial, como los asociados a la genética y la bioingeniería, pero otros son de un ámbito más específico y local, como los medioambientales. Los problemas relativos a la tecnología suelen ser resultado de políticas deficientes, reglamentaciones inadecuadas y falta de transparencia. En este contexto la mayoría de los países pobres está en desventaja ya que carecen de las políticas e instituciones necesarias para gestionar correctamente los riesgos del progreso tecnológico, así como de capital, capacidades y entornos institucionales adecuados como para variar el rumbo del progreso tecnológico, por lo que en realidad están obligados a gestionar riesgos de un proceso en el que participan fundamentalmente como consumidores. Para favorecer una adecuada gestión de los riesgos asociados al progreso tecnológico, es indispensable la presencia de profesionales y técnicos que adapten el uso tecnológico a la realidad de los ámbitos locales, crear un sistema reglamentario global, creíble y eficaz, y financiar adecuadamente el establecimiento y mantenimiento de los marcos reglamentarios locales.

#### *Aproximación a las propuestas de UNESCO*

Un primer aspecto que merece la pena destacar en relación con la UNESCO es su Clasificación de materias, ampliamente utilizada para referenciar áreas de investigación y actividades universitarias. Esta clasificación permite tener una visión amplia de las diferentes áreas de conocimiento específicamente ligadas con la tecnología. A este respecto destacan los códigos que empiezan por 33, descriptor relativo a Ciencias Tecnológicas y que incluye la mayoría de materias relacionadas con la ingeniería, el 3102, específico para Ingeniería Agrícola (en el 31 Ciencias Agrarias), el 5306 sobre Economía del cambio tecnológico (dentro de 53 Ciencias económicas), y el 6201 sobre Arquitectura (en 62 Artes y letras).

La UNESCO despliega su acción en los siguientes temas: Educación, Ciencias Naturales y Exactas, Ciencias Humanas y Sociales, Cultura, Comunicación e Información y Temas especiales. A continuación, se exponen los puntos de cada uno de ellos más relacionados con la tecnología y el desarrollo humano.

*Educación.* Dentro de la parte dedicada a Educación científica y técnica destaca el objetivo de promover educación y capacidad de desarrollo en ciencia, tecnología y medioambiente. En un mundo donde cada aspecto de la vida es cada vez más dependiente del progreso técnico y científico, promover la capacidad de desarrollo y educación en ciencia y tecnología es indispensable para todas las naciones, no solo para lograr un desarrollo sostenible, sino para crear una ciudadanía capaz de participar realmente en democracia. Específicamente en Tecnología se centra en concienciar sobre la necesidad de identificar y fomentar el uso de “tecnologías indígenas” en sus estados miembros, adecuando sus estrategias políticas y el desarrollo de materiales específicos de enseñanza-aprendizaje. Respecto al medioambiente se centra en la educación formal y no formal, así como, educación técnica y vocacional.

*Ciencias Naturales y Exactas.* Destaca el área de Ciencias básicas y ciencias de la ingeniería, que incluye: química, energía, ingeniería, ciencias naturales, matemáticas, física, investigación del SIDA, educación científica y ciencia-y-mujeres. Desarrollar capacidades en ciencia e ingeniería implica compartir información, innovación, educación interdisciplinaria y práctica basado en los objetivos del milenio, incluyendo una cultura de mantenimiento. Los esfuerzos se centran en el desarrollo de los recursos humanos, a mayor escala el uso de energías renovables y un énfasis especial en el desarrollo de los países y pequeños estados isla. Destaca, en referencia a la energía, que la Cumbre Mundial de Desarrollo Sostenible ha situado la

promoción de las energías renovables y sostenibles en situación prioritaria en la agenda internacional. Los esfuerzos se dirigen hacia el desarrollo de los recursos humanos ajustados a su promoción a mayor escala, la diversificación y la eficiencia, con énfasis en mejorar las condiciones de vida en las áreas rurales de los países pobres. Esto implica el diseño de plataformas de formación, la elaboración y difusión de materiales de enseñanza-aprendizaje, la introducción de programas en todos los niveles educativos y el establecimiento de estándares y certificación de centros de excelencia. Al mismo tiempo, se destaca que debe apoyarse la definición de estrategias nacionales y la experimentación de proyectos piloto. En lo que se refiere a ingeniería y tecnología en general se destaca que la visión y la estrategia necesita centrarse en las capacidades humanas e institucionales, la innovación, la aplicación y la promoción de la ciencia y tecnología para un desarrollo social y económico sostenible y la erradicación de la pobreza.

*Ciencias Humanas y Sociales.* En el área de Fenómenos urbanos destaca el programa de Desarrollo Urbano cuyo objetivo se centra en promover políticas públicas urbanísticas que respeten, protejan y promuevan “el derecho a la ciudad”. El trabajo se basa en el desarrollo de conocimiento interdisciplinario y la búsqueda comparativa, así como en el desarrollo de capacidades de los profesionales urbanistas y los gobiernos nacionales y locales al respecto. El programa se centra en los siguientes temas: El derecho a la ciudad; Desarrollo urbano y transformaciones sociales; Sostenibilidad social de distritos antiguos; Gobernabilidad urbana y participación y Desarrollo de capacidades de los urbanistas.

*Comunicación e Información.* El uso de las tecnologías de la información y la comunicación en y para la educación se ha expandido rápidamente en muchos países, y es ahora ampliamente visto tanto como una necesidad como una oportunidad. Se da prioridad al uso de las TIC para un desarrollo más equitativo y plural en educación, aunque al abordar este tema han surgido varias cuestiones: Debe destacarse que las TIC son solo parte de un continuo de tecnologías que dan apoyo y enriquecen el aprendizaje, y que empieza con la tiza y los libros. Se destaca también que intervienen diversas cuestiones éticas y legales en el uso extendido de las TIC en educación: propiedad del conocimiento y respecto a la diversidad cultural entre otras.

Y, por último, dentro de la parte de *Temas especiales* destacamos los relativos a *Recursos Hídricos y Desarrollo sostenible*. En relación al primero destaca la promoción de acceso a la información sobre agua dulce, a través de su propia web, el impulso del Programa Hidrológico Internacional (PHI) y la participación en el Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP). Y en relación al desarrollo sostenible destaca el papel de UNESCO como responsable de la ONU para la promoción del Decenio de las Naciones Unidas para la Educación con miras al Desarrollo Sostenible (2005-2014). La visión general de UNESCO parte de que la seguridad humana y el alivio de la pobreza son inconcebibles sin un desarrollo sostenible, y que esto requiere que tanto los aspectos ambientales, sociales y culturales como los económicos del desarrollo sean tomados conjuntamente, y las interacciones entre ellos sean mejor entendidas. Entre las actividades de UNESCO en relación a la promoción de la educación para el desarrollo sostenible pueden distinguirse la propias de la organización y las específicamente destinadas a catalizar en el diálogo y la búsqueda de consenso entre diferentes actores internacionales para hacer recomendaciones y fomentar el trabajo en el programa de aplicación del decenio.

#### *Desarrollo de Capacidades en los Objetivos de Desarrollo del Milenio*

El año 2000, la Asamblea General de las Naciones Unidas se constituyó en la Cumbre del Milenio con el fin de acordar una serie de objetivos de desarrollo que debieran alcanzarse en el 2015: los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM). Los objetivos se plasman en ocho objetivos principales y 18 específicos. Las metas marcadas son significativas pero han sido criticados por ya que prácticamente se limita el desarrollo a conseguir la reducción de la

pobreza absoluta. Las metas de desarrollo social previstas suponen una mejora en cuestiones tan básicas que por debajo de ellas sólo cabe pensar en una vida no digna de ser llamada humana. Por otro lado olvidan aspectos no materiales del desarrollo como las cuestiones políticas y socioculturales.

Si bien los aspectos tecnológicos no son demasiado explícitos en los objetivos e indicadores, un repaso a los informes de los Equipos de Tareas del Proyecto del Milenio ([www.unmillenniumproject.org](http://www.unmillenniumproject.org)) evidencia como la tecnología es reconocida como elemento clave en diversos de los objetivos. Específicamente, el Equipo de Ciencia, Tecnología e Innovación presentó en el 2005 el trabajo *Innovación: aplicar el conocimiento al desarrollo* (Calestous y Yee-Cheong, 2005), donde destaca cómo la tecnología, las infraestructuras y la ingeniería pueden contribuir a conseguir los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Las conclusiones del informe afirman que la solución reside en centrar la atención en un mayor uso de la ciencia y las nuevas tecnologías en los países en desarrollo como forma de reducir la pobreza y el sufrimiento humanos. El informe contiene una lista de opciones prácticas para que los países promuevan la innovación para el desarrollo, entre los que destaca que los países deben valerse de los proyectos de infraestructura como oportunidades de aprendizaje tecnológico. En todas las etapas de un proyecto de infraestructuras, desde la planificación y el diseño hasta la construcción y el funcionamiento, se aplica una amplia gama de tecnologías y disposiciones institucionales y administrativas afines. Este aprendizaje tecnológico puede fomentar el sector privado y estimular el desarrollo.

Por otro lado, la capacidad de una sociedad de adoptar nuevas tecnologías está vinculada con la calidad de su sistema de enseñanza superior. La enseñanza superior es el eje del proceso de desarrollo; sin embargo, la asistencia a los países pobres suele destinarse principalmente a las escuelas primarias. Adicionalmente, se indica que los gobiernos deben fomentar las actividades empresariales en las esferas de la ciencia, la tecnología y la innovación por medio de adquisiciones gubernamentales e incentivos impositivos, especialmente con vistas a estimular el crecimiento de las empresas pequeñas y medianas; y que debe invertirse, con el apoyo de los países ricos, en investigaciones actualmente insuficientemente financiadas, en esferas de interés especial para los países en desarrollo, como la agricultura, la gestión ambiental y la salud pública. El informe reclama que las organizaciones internacionales y los donantes se centren en la ciencia y la tecnología, y que fortalezcan sus conocimientos técnicos en estos sectores.

### **Tecnología para el Desarrollo Humano en Cooperación al Desarrollo**

En este apartado se profundiza en la TDH desde la óptica de la cooperación para el desarrollo. Para ello, se parte de las categorías acción – conocimiento – valores, utilizadas en el análisis de la cultura tecnológica (Quintanilla, 1998), para presentar los seis ejes de trabajo que se proponen para la TDH en la cooperación para el desarrollo. Destacamos en el siguiente apartado, entre las acciones situadas en el eje de valores, la ED en el ámbito de la educación superior.

**Canal operativo (Acción):** *1) Implementar programas de desarrollo dirigidos a cubrir el acceso a los servicios básicos de una manera equitativa y sostenible, promoviendo la seguridad y el empoderamiento de los usuarios finales; 2) definir estrategias y políticas relacionadas con el desarrollo y la tecnología de un modo participativo, así como enmarcar el progreso tecnológico en el respeto a los derechos humanos.*

La urgencia de la intervención en pro del desarrollo humano no permite relegar la TpdH a la teorización y el análisis. Así el primer ámbito de actuación, al menos en ser descrito aquí, es el de la Acción. La constatación de que, acompañando procesos de desarrollo, es posible cambiar la realidad se produce especialmente a través de dos instrumentos, diferentes, aunque íntimamente relacionados: Las acciones directas de acompañamiento de las personas y

comunidades más necesitadas en la construcción de su propio desarrollo (dimensión local). Y las acciones indirectas, de influencia en el plano político, destinadas a cambiar el marco de relación entre los distintos actores sociales, tanto en el ámbito local como en el internacional (dimensión global).

La distinción entre proyectos, programas y estrategias corresponde a distintos niveles de planificación y gestión. Dada la multitud de actores involucrados en los procesos de desarrollo, la existencia de planificaciones generales implícitas no compartidas puede provocar problemas en la ejecución de las acciones concretas – que sí son explícitas. Este aspecto debe ser tenido en cuenta, por ejemplo, mediante la promoción de espacios de reflexión y socialización que involucren a los diferentes actores implicados.

Por otro lado, se pueden diferenciar dos tipos de intervención, en función del liderazgo de la estrategia de desarrollo en la que están inmersas: Liderazgo de organizaciones privadas no lucrativas: acciones ejecutadas por los beneficiarios, organizaciones privadas no lucrativas o pequeñas empresas locales. La influencia entre los donantes involucrados (públicos, privados lucrativos o no lucrativos) es variable. Y liderazgo de organismos gubernamentales (internacionales o de donantes bilaterales): acciones realizadas por empresas locales e internacionales, con una fuerte implicación de las administraciones públicas (en algunos casos también por organizaciones privadas no lucrativas muy especializadas).

Específicamente, los proyectos de cooperación al desarrollo suelen clasificarse según su finalidad (Ferrero, 2003): Dirigidos a colectivos específicos (niños, mujeres, indígenas...); de desarrollo sectorial: salud, educación, infraestructuras, sector productivo, medio ambiente; y de desarrollo institucional (desarrollo comunitario, capacitación en distintos ámbitos, fortalecimiento institucional local, estatal...).

Destacan los sectores tecnológicos siguientes: Planificación y gestión del territorio y el ambiente; construcción de viviendas y equipamientos sociales; servicio de abastecimiento de agua y saneamiento; servicio de abastecimiento de energía; fomento del tejido productivo local para garantizar la subsistencia y fomentar la producción de excedentes; sistemas de transporte de personas y comercialización de productos; y el desarrollo de TIC específicas para la provisión de servicios y el aumento de capacidades técnicas y sociales.

La concreción de las actuaciones varía según su situación en el espacio descrito por los tres ejes siguientes, compartiendo características entre los distintos sectores ante una igual localización: El continuo seguridad (garantía de acceso con equidad) – soberanía (garantía de acceso con autodependencia y sostenibilidad); el continuo urbano (densidad de población elevada) – rural (densidad de población baja); y el continuo ayuda de emergencia (colaboración en situaciones de crisis social) – gestión del riesgo (aumento de la capacidad de gestionar perturbaciones sociales) – desarrollo (Christoplos *et al.*, 2001).

**Canal cognitivo (conocimiento):** 3) *Generar conocimiento sobre tecnologías apropiadas para el DH y promover la reflexión acerca de los derechos de propietario sobre este conocimiento;* 4) *transferencia de información, tecnología y conocimiento, tanto entre Norte y Sur como entre Sur y Sur.*

La historia moderna revela que el poder es para los que generan y usan su propio “conocimiento”. Por tanto, es necesario que los procesos de desarrollo incorporen el aumento de las capacidades de generación, o al menos, reconfiguración del conocimiento, evitando así la dependencia de los que las poseen (De Souza y Cheaz, 2000). Además, para que el desarrollo sea humano, es necesario que tanto ese proceso como el conocimiento en sí mismo permitan y faciliten ganar libertad y autonomía, tanto de forma individual como colectiva. En cooperación al desarrollo el enfoque de actuación basado en la generación de conocimiento es importante



debido a: La complejidad del propio proceso de desarrollo; los divergentes intereses de los actores involucrados; y la diversidad de contextos en los que las acciones de desarrollo suceden.

Actualmente se está en una etapa de cambio histórico en la que el conocimiento pasa a jugar un papel central. Los productos, procesos y servicios más relevantes del futuro serán los intensivos en conocimiento. La característica más importante de esta etapa es la reducción de la importancia de las tecnologías materiales propias de la época del industrialismo (tecnologías mecánicas, químicas, eléctricas...), en beneficio de las tecnologías intelectuales (amplifican, exteriorizan y modifican las funciones cognitivas del ser humano). Por otro lado la creatividad aumenta más cuando es el resultado del esfuerzo de equipos de trabajo que cuando procede de acciones individuales, por lo que las tecnologías sociales (las que permiten la participación de distintos actores sociales) también ganan importancia.

El incremento de la importancia del conocimiento y de la tecnología intelectual como fuerzas productivas se traduce en la siguiente segmentación en tres grupos según la capacidad organizacional, basada en el uso de las tecnologías sociales (Bell, 1976). El grupo 1: Capaz de generar y reconfigurar conocimiento. Puede: Iniciar la generación de nuevos productos, servicios y/o procesos; Inventar a partir de la codificación de conocimiento teórico (conocimiento que, además, es capaz de generar); y generar tecnologías de transformación (las que producen cambios sociales, como el teléfono). El grupo 2: Capaz de reconfigurar conocimiento ya existente. Puede: Mejorar los nuevos productos, servicios y/o procesos desarrollados por el grupo 1; Innovar en términos de flexibilidad institucional y gerencial para incorporar las invenciones ya realizadas por el grupo 1; y generar tecnologías de extensión (las que amplían el alcance de una tecnología ya existente: la telefonía celular) o de nicho (las que representan una aplicación especializada de una tecnología ya existente a una tarea particular: las centrales telefónicas para grandes organizaciones). Y el grupo 3: Incapaz de generar ni de reconfigurar conocimiento. Puede: Reproducir los productos, servicios y/o procesos ya iniciados y mejorados por los grupos 1 y 2; Difundir las invenciones e innovaciones de los grupos 1 y 2; y adoptar las tecnologías de transformación, extensión o de nicho ya generadas. Por todo ello, desde una perspectiva de desarrollo humano, no sólo las actuaciones asociadas a la provisión de las infraestructuras básicas físicas y productivas toman un sentido especial, sino también las ligadas al aumento de capacidades organizacionales e intelectuales.

La componente de conocimiento aplicado de la tecnología hace que la gestión de ella misma deba estar muy relacionada con la del conocimiento. Así, la transferencia de tecnología no debe verse como mejorar máquinas, *software* o implementar nuevos modelos administrativos y de gestión, sino como el aumento de capacidades (conocimientos) tecnológicas para lograr la sostenibilidad según su propia finalidad (desarrollo). La concreción de esta visión al sector de las entidades privadas lucrativas (empresas) sitúa la finalidad como negocio, y vincula sostenibilidad con ventaja competitiva sostenible (Sáez Vacas et al. 2003), pero, naturalmente, la extensión a organizaciones no lucrativas, poderes públicos locales o comunidades en desarrollo es inmediata.

En las actuaciones de desarrollo es necesario superar el enfoque de “aprender” (Senge, 1994) y pasar al de “generar conocimiento adaptado al contexto cambiante” (Nonaka y Takeuchi, 1995), de forma que los participantes aumenten en capacidades reales de transformación. Lo que habitualmente se entiende por difusión y transferencia de tecnología debe ser, en realidad, un acompañamiento en la gestión de la propia tecnología y conocimiento tecnológico, buscando la co-generación en pro del desarrollo endógeno de los participantes involucrados. La transferencia se convierte pues en investigación basada en un paradigma constructivista: “se investiga una realidad dinámica y socialmente construida para comprenderla y transformarla, bajo la autoridad del argumento (participación, persuasión y negociación)”. Lo que se contrapone a la práctica clásica en los campos de la tecnología, basada en un paradigma

positivista: “se investiga una realidad estable e inmutable para observarla, describirla, explicarla, predecirla y controlarla, bajo el argumento de la autoridad epistemológica (autoridad científica) y sin compromiso ético para cambiar la realidad investigada” (De Souza y Cheaz, 2000). Así, recurriendo a un enfoque constructivista, la transferencia de conocimiento debe ser entendida como co-generación de conocimiento con el desarrollo endógeno de los participantes como objetivo.

En este contexto, el rol proactivo respecto la investigación, a través de la acción de los distintos actores involucrados en el proceso de desarrollo, pasa a ser crucial, así como la conveniencia de fomentar la participación coordinada de universidades, organizaciones y poderes locales y las propias comunidades, beneficiarios y participantes. El trabajo coordinado y sinérgico de organizaciones de desarrollo y universidades en red es actualmente un instrumento preferente de transferencia de tecnología.

**Canal valorativo (valores):** 5) *Adoptar programas educativos basados en valores (como la ED) en el ámbito científico-técnico, en particular en la educación universitaria;* 6) *impulsar la sensibilización entorno al papel de la tecnología tanto en situaciones de desigualdad y de explotación como de igualdad y justicia.*

Es necesario un cambio de actitudes y valores a nivel mundial si se quiere alcanzar el desarrollo sostenible de la humanidad. La ED y la sensibilización se basan en la premisa de que las personas, de Norte a Sur, tienen que ser conscientes de su responsabilidad compartida respecto al futuro común. La ED constituye una herramienta específica y reconocida en el ámbito de la cooperación internacional para el desarrollo. Así en la Ley 23/1998 del Gobierno de España se establece que “Se entiende por educación para el desarrollo y sensibilización social el conjunto de acciones que desarrollan las Administraciones públicas, directamente o en colaboración con las organizaciones no gubernamentales para el desarrollo, para promover actividades que favorezcan una mejor percepción de la sociedad hacia los problemas que afectan a los países en desarrollo y que estimulen la solidaridad y cooperación activas con los mismos,...”. Con posterioridad, en el *Plan director de la cooperación española 2005-2008* del Ministerio de Asuntos exteriores y de Cooperación (2005), se establece que “La educación para el desarrollo es un proceso para generar conciencias críticas, para hacer a cada persona responsable y activa a fin de construir una nueva sociedad civil, tanto en el Norte como en el Sur, comprometida con la solidaridad –entendida ésta como corresponsabilidad- y participativa; una sociedad cuyas demandas, necesidades, preocupaciones y análisis se tengan en cuenta a la hora de la toma de decisiones políticas, económicas y sociales.” De igual forma puede encontrarse en el *Plan director de la cooperación al desarrollo 2007-2010* de la Generalitat de Catalunya (2007). Destacamos, además, que la asamblea general de CONCORD (Confederación Europea de ONG de Ayuda y Desarrollo) de noviembre de 2004 la definió como “un proceso activo de aprendizaje, fundado en valores de solidaridad, igualdad, inclusión y cooperación, [que] permite a la gente evolucionar desde una conciencia básica de las prioridades de desarrollo internacional y desarrollo humano sostenible hasta una implicación personal y acción concienciada, a través de la comprensión de las causas y efectos de los asuntos globales” (www.deeep.org). El concepto de ED ha ido evolucionando con la cooperación al desarrollo, dividiéndose habitualmente en cinco estadios, vinculados a las correspondientes paradigmas de desarrollo dominantes (Mesa, 2000; Boni y Pérez-Foguet, 2006).

### **La ED como eje de la TDH**

Uno de los métodos aplicados para promocionar la TDH es la incorporación de actividades de Educación para el Desarrollo (ED) en la formación de ingeniería. Seguir las tendencias de la ED en las escuelas de ingeniería implica que en los estudios y actividades académicas se apunta al desarrollo de capacidades éticas y globales, aparte de las técnicas, y que se incluyan procesos de aprendizaje integrados en una perspectiva de fomento del desarrollo humano. Los estudios

de ingeniería deben adaptarse a las nuevas propuestas puestas en práctica por agentes internacionales de desarrollo. En un mundo globalizado, el trabajo de los futuros ingenieros se desarrollará en muchos contextos diferentes. En el caso de los países en vías de desarrollo, la propuesta del desarrollo humano está adquiriendo importancia, y en países industrializados, las lecciones aprendidas de los proyectos de desarrollo pueden contribuir a alcanzar unas prácticas más sostenibles en el ámbito de la ingeniería. Las propuestas de ED están en consonancia con las reivindicaciones acerca de la integración de los derechos humanos y las cuestiones de desarrollo internacional en la educación universitaria que se realizan con el fin de afrontar las nuevas exigencias del contexto socioeconómico globalizado actual (DEA-AUT, 1999).

La ED está estrechamente relacionada con otras propuestas educativas basadas en los valores, tales como sostenibilidad, paz, género, derechos humanos... (Polo, 2004; Boni y Pérez-Foguet, 2006). Las propuestas de ED incluyen principios centrales de la sostenibilidad como la equidad intrageneracional, respecto por la libertad social y cultural, la consideración de los afectados en los procesos de toma de decisiones, el reconocimiento de la unicidad de los factores contextuales en cada toma de decisiones y la responsabilidad por los impactos resultantes de las decisiones propias; cinco de los nueve principios de la sostenibilidad presentados por Carew y Mitchell, 2002. Equivalentemente, los principios de la ED pueden identificarse en los cuestionarios que definen el conocimiento acerca del desarrollo sostenible presentados por Azapagic *et al.*, 2005. Como el desarrollo, tanto de la humanidad en su conjunto como en especial de la comunidades y pueblos pobres, solo puede entenderse puesto en el contexto histórico y vinuclado con el desarrollo de las sociedades ricas, la ED ayuda a establecer vínculos espaciales y temporales un punto clave en la comprensión de los retos de la sostenibilidad Lemkowitz *et al.* (1996). A nivel metodológico, la educación para la sostenibilidad y la ED comparten instrumentos como muestran Barnes y Phillips (2000), Perdan *et al.* (2000) y Dohn *et al.* (2003), mediante partenariados intersectoriales, estudios de caso y actividades didácticas orientadas a la resolución de problemas, respectivamente. Están en la misma línea las experiencias relacionadas con los derechos humanos (Hoole, 2002). Todas estas propuestas promueven que se incluya el razonamiento social y político en la práctica y la formación en ingeniería, lo que, como ya hemos dicho antes, es una de las prioridades de la TDH. En la misma dirección, Prados (1997) observa que “[ser] ingeniero exige [una] comprensión de las fuerzas ajenas a la técnica que afectan profundamente a las decisiones en ingeniería”.

De forma complementaria, el Banco Mundial (2004) asevera que “la falta de conocimiento acerca de la correcta solución técnica probablemente no es la restricción decisiva. Lo que se necesita es una serie de acuerdo institucionales que proporcionen a los creadores de políticas, a quienes sostienen económicamente el proyecto y a la ciudadanía los incentivos para adoptar la solución y adaptarla a las condiciones locales”. Muchos ingenieros carecen de la capacidad de manejar problemas con un enfoque amplio, más allá de los aspectos técnicos y económicos, y por ello las propuestas técnicas que realizan acaban no siendo válidas para su adaptación posterior. Por otro lado, publicaciones recientes, tales como WBCSD (2004) y PNUD (2004), subrayan la importancia creciente de los mercados de los países en vías de desarrollo para el sector privado, con muchas propuestas concretas vinculadas de una u otra forma a la ingeniería. Así, la ED puede constituir también una propuesta atractiva desde el punto de vista económico para nuestra sociedad globalizada actual, que requiere de los profesionales capacidades también “globalizadas”, ver, por ejemplo, propuestas formativas en Aneas *et al.* (2005).

Sirvan de ejemplo de materiales de apoyo docente relacionados con la TDH y elaborados y aplicados desde una perspectiva de ED los libros Oliete-Josa y Pérez-Foguet (2005), Pérez-Foguet *et al.* (2005a), Boni y Pérez-Foguet (2006), disponibles en [www.upc.edu/grecdh/](http://www.upc.edu/grecdh/); así como la experiencia desarrollada por la Universitat Politècnica de Catalunya en el período 2000-2005 recogida en Pérez-Foguet (2006a, 2006b, 2008).

## Referencias

- ANEAS, A., SIMONS, G., LAMBERT, J., MYERS, S. (2005). *Competencia Global, 50 actividades de formación para lograr éxito en proyectos y negocios internacionales*. Díaz de Santos, España.
- AZAPAGIC, A., PERDAN, S., SHALLCROSS, D. (2005) "How much do engineering students know about sustainable development? The findings of an international survey and possible implications for the engineering curriculum", *Eur. J. of Eng. Edu.*, 30:1, 1-19.
- BANCO MUNDIAL (2004), *World Development Report 2004: Making services work for poor people*. The World Bank Group, Washington D.C.
- BARNES, N. J., PHILLIPS, P. S. (2000), "Higher education partnerships. Creating new value in the environment sector", *Int. J. of Sustainability in Higher Edu.*, 1:2, 182-190.
- BELL, D. (1976), *El advenimiento de la sociedad post-industrial*, Alianza Editorial, Madrid.
- BONI, A., PÉREZ-FOGUET, A. (Coord.) (2006), *Construir la Ciudadanía Global desde la Universidad*, Colección Informes n. 32, Intermón-OXFAM, Barcelona.
- CALESTOUS, J., YEE-CHEONG, L. (Coord.) (2005) *Innovation: applying knowledge in development*, UN Millennium project, Earthscan, London.
- CAREW, A.L., MITCHELL, C.A. (2002) "Characterizing undergraduate engineering students' understanding of sustainability", *Eur. J. of Eng. Edu.*, 27:4, 349-361.
- CHRISTOPLOS, I., MITCHELL, J., LILJELUND, A. (2001), "Re-framing risk: The changing context of disaster mitigation and preparedness", *Disasters*, 25:3, 185-198.
- DE SOUZA, J., CHEAZ, J. (2000), *Generación de Conocimiento y Construcción de Teoría en Proyectos de Desarrollo de Capacidad Institucional. La propuesta del Proyecto ISNAR Nuevo Paradigma en el contexto del cambio de época*, Servicio Internacional para la Investigación Agrícola Nacional, San José, Costa Rica.
- DEA-AUT (1999). *Globalization and higher education. Guidance on ethical issues arising from international academic activities*. Development Education Association – Association of University Teachers. London.
- DOHN, H., GAUSSET, Q., MERTZ, O., MÜLLER, T., OKSEN, P., TRIANTAFILLOU, P. (2003). "Strengthening learning processes in natural resource management in developing countries through interdisciplinary and problem-oriented learning". *Int. J. of Sustainability in Higher Edu.*, 4:2, 106-125.
- FERRERO, G. (2003), "De los proyectos de cooperación a los procesos de desarrollo a largo plazo", *Revista de Fomento Social*, 58, 61-103.
- GENERALITAT DE CATALUNYA (2007), *Projecte del Pla director de cooperació al desenvolupament 2007-2010*, Resolució 66/VIII del Parlament de Catalunya, DOGC 4940 – 3.8.2007, 26343-26364, Barcelona, España.
- GOBIERNO DE ESPAÑA (1998), "Ley 23/1998 de Cooperación Internacional para el Desarrollo", Boletín Oficial del Estado Nº 162, 8 de Julio de 1998.
- HOOLE, S. R. H. (2002). "Viewpoint: Human Rights in the Engineering Curriculum". *Int. J. of Eng. Edu.*, 18:6, 618-626.
- LEMKOWITZ, S.M., BIBO, B.H., LAMERIS, G.H., BONNET, J.A. (1996) "From Small Scale, Short Term to Large Scale, Long Term: Integrating 'Sustainability' into Engineering Education", *Eur. J. of Eng. Edu.*, 21:4, 353-386.
- MESA, M. (2000), "La educación para el desarrollo: entre la caridad y la ciudadanía global", *Papeles de Cuestiones Internacionales*, 70, pp. 11-26.
- MINISTERIO DE ASUNTOS EXTERIORES Y DE COOPERACIÓN (2005), *Plan director de la cooperación española 2005-2008*, Madrid, España.
- NONAKA, I., TAKEUCHI, H. (1995), *The Knowledge-Creating Company: How Japanese companies create the dynamics of innovation*, Oxford University Press, New York.
- OLIETE-JOSA S., PÉREZ-FOGUET, A. (2005), *Cooperació per al desenvolupament a l'aula. Casos aplicats de tecnologia per al desenvolupament humà*, ISF-UPC, Barcelona.
- PERDAN, S., AZAPAGIC, A., CLIFT, R. (2000). "Teaching sustainable development to engineering students". *Int. J. of Sustainability in Higher Edu.*, 1:3, 267-279.

- PÉREZ-FOGUET, A., MORALES, M., SAZ-CARRANZA, A. (2005a) *Introducción a la Cooperación al Desarrollo para las Ingenierías. Una propuesta para el estudio*, ISF-UPC Barcelona.
- PÉREZ-FOGUET, A., OLIETE-JOSA, S., SAZ-CARRANZA, A. (2005b). "Development Education and Engineering: A framework for incorporating reality of developing countries into engineering studies" *Int. J. of Sustainability in Higher Edu.*, 6:3, 278-303.
- PÉREZ-FOGUET, A. (Resp.) (2006a), *Impuls de l'Educació per al Desenvolupament humà i sostenible a la UPC 2000-2005*, Consell Social, UPC, Barcelona.
- PÉREZ-FOGUET, A. (Resp.) (2006b), "Partenariado ONGD - Universidad para el impulso de la Educación para el Desarrollo. El caso ISF - UPC 2000-2005", Buena Práctica seleccionada *III Congreso de Educación para el Desarrollo*, 7-9/XII, U. del País Vasco, Vitoria (España).
- PÉREZ-FOGUET, A. (2008): "Educative experiences through cooperation for development activities". In: GUNI (2008), *Higher Education in the World 3, Higher Education: New challenges and emerging roles for human and social development*. New York: Palgrave MacMillan, 157ss.
- PNUD (2001), *Informe sobre Desarrollo Humano 2001. Poner el adelanto tecnológico al servicio del desarrollo humano*, Mundi-Prensa Ed., Madrid.
- PNUD (2004), *El impulso del empresariado: El potencial de las empresas al servicio de los pobres*, Comisión de las NNUU para el sector privado y el desarrollo, New York.
- POLO, F., (2004). *Cap a un curriculum per a una ciutadania global*. Colecció Informes nº 30. Intermón – Oxfam. Barcelona.
- PRADOS, J.W. (1997). "Engineering Curricula 2000 - A Change Agent for Engineering Education". *Journal of Engineering Education*, Vol. 86(2), pp. 69-70.
- QUINTANILLA, (1998), "Técnica y cultura", *Teorema: International Journal of Philosophy*, Vol. XVII/3. También en Sala de lectura CTS+I, Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación la Ciencia y la Cultura.
- SÁEZ VACAS, F., GARCÍA, O., PALAO, J., ROJO, P. (2003), *Innovación tecnológica en las empresas*. ETS de Ingenieros de Telecomunicaciones, UPM.
- SENGE, P. (1994), *The fifth discipline: the age and practice of the learning organization*, Century.
- WBCSD (2004), *Oportunidades de negocios para reducir la pobreza*, World Business Council for Sustainable Development, New York.



## Ética y tecnología

Miquel Barceló

Comisionado para el Desarrollo Sostenible

Universidad Politécnica de Cataluña

Los historiadores de la ciencia sitúan en el siglo XVII la llamada revolución de la ciencia moderna. Con los trabajos teóricos de Francis Bacon (*Novum Organum*, 1620), la matematización de los experimentos sobre el movimiento de Galileo Galilei y la teoría de la gravitación universal de Isaac Newton que independizaba la física del campo más general de la antigua "filosofía natural", nacía la ciencia tal y como la entendemos hoy. Posteriormente, el último tercio del siglo XVIII vio el nacimiento de la llamada revolución industrial y la sociedad consiguiente cuando James Watt puso a punto la moderna máquina de vapor que permitía disponer de energía a voluntad allí donde se instalara el nuevo artefacto.

Con todo ello, no es de extrañar que los enciclopedistas como D'Alembert i Diderot emprendieran, en la segunda mitad del siglo XVIII, el magno proyecto de la Enciclopedia: rescribir todo el saber humano pero esta vez a la luz de la razón, la base del nuevo conocimiento científico. Uno de estos enciclopedistas, Condorcet, equiparó por primera vez el progreso humano con el *progreso científico-técnico*. Lo hizo en la última década del siglo XVIII. Para Condorcet, progresar era saber más del mundo que nos rodea (progreso del saber científico), pero también disponer de nuevos artefactos que nos hicieran más fácil y cómoda la vida (progreso técnico).

Así, durante el siglo XIX, la confianza general en los bienes implícitos del desarrollo de la tecnociencia era generalizada: cualquier progreso de la ciencia y la tecnología era visto como inevitablemente ventajoso. Pero el siglo XX dio al traste con esa visión tan simple. En la Primera Guerra Mundial (1914-18) el gas mostaza representó una nueva forma de matar, insidiosa e inédita que no habría sido nunca posible sin la ciencia química y la tecnología. Treinta años más tarde, la bomba atómica en la Segunda Guerra Mundial sembró de nuevo la alarma y demostró que no todos los desarrollos científico-técnicos eran para bien. La vieja ingenuidad de los enciclopedistas "a la Condorcet" se empezaba a perder.

Y se perdió definitivamente en la segunda mitad del siglo XX con la contaminación, con el pernicioso efecto del DDT que denunciara Rachel Carson (*Primavera silenciosa*, 1962), con los ataques a la biodiversidad, con la lluvia ácida, con el aumento de los gases de efecto invernadero y el subsiguiente calentamiento global, con los problemas del agujero en la capa de ozono y tantos y tantos ejemplos que nos enseñan, de una vez para todas, que el progreso tecnocientífico, en oposición a lo que había imaginado Condorcet, no necesariamente tenía que representar siempre un progreso para el desarrollo de la humanidad.

En la perspectiva actual (y, en realidad, desde los años setenta del pasado siglo), se hace necesario reflexionar sobre los diferentes efectos o impactos sociales de la ciencia y la tecnología o, más sintéticamente, de la tecnociencia. De forma esquemática, se puede decir que la ciencia (la parte más teórica de la tecnociencia) cambia nuestra manera de *ver el mundo*, mientras que la tecnología (la parte de la tecnociencia que fabrica artefactos) cambia más directamente nuestra manera de *vivir el mundo*. Sea como sea, los efectos sociales son más evidentes en el caso de la tecnología que cuando hablamos de la ciencia pura.

## Evaluación de tecnologías

Sí es el aspecto más práctico de la tecnociencia (la tecnología y sus artefactos) lo que cambia nuestra vida cotidiana, es fácil comprender que resultará sumamente conveniente realizar

estudios previos para anticipar el impacto que la utilización de un nuevo resultado tecnológico pueda aportar. El nombre habitual para este tipo de estudios es el de *evaluación de tecnologías*.

También es necesario recordar que el hecho mismo de evaluar tecnologías es bastante reciente, empezó durante los años setenta, y presenta no pocos problemas y dificultades. Pensadores como Neil Postman han puesto de relieve el hecho de que, por ejemplo, nunca se analizó el impacto social y los efectos de una tecnología como la del automóvil, nacida a comienzos del siglo XX y hoy casi omnipresente. Como nos dice Postman, a menudo actuamos de forma un poco inconsciente y demasiado optimista ante las nuevas posibilidades que nos ofrece la tecnociencia. Por ejemplo, el hecho de no haber evaluado seriamente las posibles consecuencias de la tecnología del automóvil en las primeras décadas de su existencia ha hecho que se acaben aceptando, incluso como un hecho completamente «normal», unas terribles cifras de mortalidad por causa de los desplazamientos en automóvil de fin de semana o del período de vacaciones.

Se acepta que, siguiendo a Karl Popper, hace falta caracterizar una teoría científica precisamente por su "falsabilidad" y su, digamos, disponible provisionalidad en la certeza; mientras que, mucho más pragmáticamente, los desarrollos tecnológicos se caracterizan básicamente por su "eficiencia". En general, cualquier nuevo artefacto que tenga éxito altera de alguna manera la forma como hacemos las cosas. Por ejemplo, en la sociedad occidental industrializada, el automóvil y el avión han cambiado en menos de cien años nuestra percepción de las distancias y nuestra movilidad real; las telecomunicaciones nos permiten saber ahora mismo lo que ocurre en el otro extremo del planeta; la televisión nos trae al momento espectáculos e información directamente al hogar; o, más simplemente, el horno microondas nos permite levantarnos cada día diez minutos más tarde porque calienta el vaso de leche del desayuno mucho más deprisa. La tecnología altera realmente nuestra manera de hacer las cosas de cada día y la forma como vivimos en el mundo.

En los últimos años, la voracidad de absorción de nuestra sociedad actual tan mercantilizada parece haber incorporado ya la necesidad de respetar la ecología. En contraposición al ejemplo del automóvil de que hablaba Postman, la gran mayoría acepta hoy que una nueva realización tecnológica ha de ser evaluada previamente en su posible impacto ambiental, pero justo es decir que ésta es sólo una aproximación superficial y limitada de lo que realmente haría falta tener en cuenta en una verdadera evaluación de tecnologías.

Ya en los años 30, el sociólogo estadounidense Ogburn explicaba como los seres humanos están inmersos en tres medios o entornos en cierta forma complementarios e inter-relacionados. Por un lado se encuentra, evidentemente, el *medio ambiente* o, si se quiere, la naturaleza en el seno de la cual vivimos. Por otro lado, los humanos nos hemos dotado de un *medio organizativo* (o social) con las estructuras de relación personal, social y política que hemos ido construyendo y consolidando a lo largo de los años. Y, finalmente, seres constructores de herramientas, los humanos hemos creado también un entorno o *medio tecnológico* con el que complementar aquello que la naturaleza ha puesto a nuestra disposición.

Los especialistas utilizan hoy un acrónimo inglés para recordar todos y cada uno de los muchos aspectos que haría falta evaluar ante una nueva tecnología o, más concretamente, una nueva realización tecnológica. El acrónimo es EPISTLE (epístola) y recoge el hecho de que la tecnología tiene muchos más efectos que los simplemente ambientales.

EPISTLE procede de:

- E - *Environmental* o medio ambiental
- P - Psicológico
- I - Institucional y político
- S - Social
- T - Tecnológico



- L - Legal
- E - Económico

Es decir, a la evaluación de los impactos medio-ambientales se hace necesario añadir la evaluación de otros aspectos también imprescindibles, como:

P) **Psicológico**: el estudio de los efectos psicológicos consecuencia de acostumbrarnos al uso de nuevas tecnologías. Un ejemplo podrían ser las consecuencias psicológicas del mayor nivel de paro que pueden generar nuevas tecnologías más eficientes;

I) **Institucional** o político: en referencia a los efectos institucionales y políticos que se desprenden de una nueva realidad tecnológica, como podría ser la democracia electrónica no delegada sino directamente participativa ya posible hoy en día;

S) **Social**: el impacto de nuevas realizaciones tecnológicas en las formas organizativas de las sociedades que desarrollan o utilizan una determinada tecnología;

T) **Tecnológico**: el impacto en otras tecnologías previamente existentes, a menudo con efectos de desplazamiento y sustitución pero, también, con la posibilidad de complementarlas;

L) **Legal**: los cambios que deben surgir en el sistema legal que hay que adaptar y poner al día ante nuevas posibilidades sociales e, incluso, nuevos delitos antes inimaginables y, además, imposibles sin las nuevas realizaciones tecnológicas. Así ocurre hoy en día con las posibilidades de nuevos delitos que surgen, por ejemplo, de las nuevas tecnologías de la información; y

E) **Económico**: los inevitables efectos económicos que una nueva realización tecnológica más eficiente puede comportar.

Justo es decir que una evaluación completa de tecnologías es una necesidad todavía no completamente satisfecha. La realidad es que sólo en países de esos que llamamos "avanzados" se hacen hoy en día estudios de impacto ambiental, y que el resto de los apartados de EPISTLE queda todavía como un *desideratum* a implementar en un futuro. Pero así deberá ser si pretendemos gobernar adecuadamente el uso y las consecuencias de la actividad tecnocientífica.

## Ética profesional en la tecnociencia

### *La responsabilidad de los expertos*

Nadie se atrevería a negar el gran papel que la ciencia y la tecnología, o tal vez mejor la "tecnociencia", juegan en el mundo de hoy. Pero demasiadas veces la ciencia y la tecnología, por sus propias características, permanecen cerradas en un mundo restringido a los expertos. Unos expertos que, además, a cada día que pasa están cada vez más especializados y mantienen menos contactos incluso con otros científicos y especialistas en tecnociencia que no trabajen en la misma especialidad. La tecnociencia utiliza un lenguaje muy específico, tanto con respecto a los conceptos y denominaciones que emplea como con respecto a la matemática o la formalización lógica con que se expresan a menudo los resultados logrados y, también, muchos de los caminos recorridos en la búsqueda. Un lenguaje no siempre al alcance de quienes no son especialistas en cada materia en concreto.

En la sociedad moderna, la democracia delegada o representativa hace descansar muchas decisiones en los representantes democráticamente elegidos. Pero, cuando nos referimos a la tecnociencia, lo cierto es que estos representantes tampoco suelen tener los conocimientos suficientes para comprender el significado último de sus decisiones. No tienen el suficiente dominio de la tecnociencia para realizar por sí mismos la necesaria evaluación de tecnologías. Por esto los políticos utilizan los servicios de los expertos. Los expertos, a menudo en grupos pluri-disciplinares para abarcar la multiplicidad de campos que nos recuerda EPISTLE, son los llamados a hacer evaluaciones de tecnologías. Pero hace falta recordar que no siempre los expertos son libres del todo. Hay intereses concretos bien evidentes y, a veces, incluso los

expertos carecen también de una visión lo suficiente general por culpa de la exagerada especialización necesaria en la tecnociencia de nuestros días.

Veamos un ejemplo. Cuando, durante la presidencia de Ronald Reagan, los EEUU desarrollaron el proyecto de la SDI, esa Iniciativa de Defensa Estratégica que la prensa denominó popularmente "guerra de las galaxias", hubo bastantes dudas. Algunos informáticos dudaban de un sistema de defensa completamente automatizado y dependiente sólo de unos programas supuestamente libres de errores. Los informáticos saben que los programas sin errores, simplemente, no existen... Pese a todo, otros expertos informáticos eran favorables al SDI.

Para afrontar las discusiones y la oposición que crecía, los políticos convocaron una reunión de expertos. Afortunadamente, al menos uno de los expertos presentes en una de las reuniones más importantes de evaluación de la SDI, David Parnas, fue lo suficiente honesto para abandonar la reunión y publicar sus dudas sobre el procedimiento: resultaba que todos los expertos presentes estaban involucrados en proyectos de investigación que dependían de financiación proveniente del Departamento de Defensa y, de hecho, tal y como denunció Parnas, no eran realmente libres para dar una opinión realmente imparcial.

Este es, simplemente, un ejemplo más de la dificultad de la evaluación honesta y real de tecnologías si se deja sólo en manos de políticos y expertos. Un ejemplo que se complementa en el hecho de que Parnas tuvo que acabar trabajando como investigador en el Canadá, tal vez por efecto de su denuncia de un hecho como el que se acaba de mencionar.

Afortunadamente Parnas no es el único. Cada vez más, en el seno de las organizaciones de los profesionales de la tecnociencia arraiga la necesidad de ser conscientes del gran poder transformador de la tecnología. Muchas asociaciones de científicos y de ingenieros se dotan hoy de códigos éticos al estilo del famoso juramento hipocrático de los médicos. Es más, se habla de la obligación de ingenieros y especialistas en tecnología de dar la señal de alarma (*whistle blowing*, por la expresión usada en inglés: literalmente "hacer sonar el silbato") cuando son conscientes de un peligro social concreto que una determinada utilización tecnológica puede comportar. Nadie se atreve hoy a negar la responsabilidad social de los creadores de la tecnociencia en el mundo moderno. No existe la ciencia o la tecnología absolutamente neutra.

#### *La ética en la actividad tecnocientífica: Whistle Blowing*

Han pasado ya los tiempos en que la actividad tecnocientífica se consideraba una actividad individual y casi romántica de un esforzado investigador o practicante del saber y/o de la tecnología. La realidad de hoy es que no es posible la actividad de investigación tecnocientífica sin una compleja estructura social y de apoyo. De hecho, la investigación, la construcción y/o la utilización de la ciencia y de la tecnología es hoy una tarea de equipo. El científico o el ingeniero ya no trabajan solos y, en la actividad profesional, dependen de las estructuras en las que trabajan y, muy concretamente, de las fuentes de financiación, en el caso del científico investigador de aspectos básicos, y de los intereses empresariales que les dan trabajo, en el caso de los técnicos e ingenieros. Desgraciadamente, estos equipos no siempre son conscientes ni parecen demasiado interesados en los posibles efectos perniciosos que los artefactos tecnológicos que están desarrollando puedan llegar a tener.

En el caso de los ingenieros, resulta evidente en las últimas décadas una marcada tendencia a la salarización y una pérdida de la tradicional imagen de "profesional liberal". El ingeniero, en la mayoría de los casos, ya no es del todo libre y se debe en cierta forma a los intereses de la empresa o el cliente por el cual trabaja. Inevitablemente, esto hace surgir la posibilidad de conflictos entre las obligaciones del ingeniero hacia la empresa o los clientes por los cuales

trabaja y las obligaciones y responsabilidades hacia el cuerpo social afectado por las consecuencias de la técnica que la actividad del ingeniero pone en funcionamiento.

De forma parecida, el científico depende de las fuentes de financiación de su investigación, ya sean empresariales o públicas. Sus evidentes responsabilidades hacia estas fuentes de financiación y el interés por mantenerlas pueden también entrar en conflicto con los intereses del conjunto de la sociedad, dónde la tarea de los tecnocientíficos acaba, inevitablemente, repercutiendo. Este fenómeno ha puesto en marcha la aceptación, e incluso la necesidad, de la actividad denominada genéricamente *whistle blowing*, entendida como la necesidad de "hacer sonar el silbato" como responsabilidad ética. Se trata de dar la voz de alarma cuando se presenta un conflicto grave entre las responsabilidades que científicos e ingenieros tienen hacia sus fuentes de financiación, empresas y clientes, y el interés más general del conjunto de la sociedad.

La forma más habitual de *whistle blowing* es la de hacer denuncias públicas respecto de la organización para la cual se trabaja, supuestamente autora de un mal comportamiento de consecuencias sociales indeseables. Por ejemplo, si un ingeniero sabe que la empresa dónde trabaja realiza desechos de residuos que malogran el medio ambiente y el entorno natural por encima de lo que está permitido en la legislación y en la correcta práctica profesional, podría incluso estar moralmente obligado a denunciar a la propia empresa.

Por otro lado, conviene generalizar el concepto y pensar que no hace falta ser miembro de una organización para "hacer sonar el silbato" y dar la voz de alarma respecto de alguna actividad socialmente indeseable que una organización realice. Así ocurre, a veces, con periodistas, políticos o grupos de consumidores quienes, incluso no formando parte de organizaciones o empresas, pueden saber de algún funcionamiento incorrecto de graves consecuencias sociales y actuar para poner el hecho en conocimiento del público o de las agencias gubernamentales interesadas. Como contrapartida, no hay que olvidar que la actividad de "chivato" no es bien aceptada socialmente, tal y como aprenden todos los niños y niñas en los primeros años de escolarización. A pesar de todo, a veces la responsabilidad social puede llevar a jugar este papel tan poco reconocido, para evitar males peores. El problema, en el caso de "hacer sonar el silbato" y dar la voz de alarma, es: ¿cómo decidir cuando es correcto hacerlo?

Según los expertos, hay *whistle blowing* cuando:

- 1- se hace conocer una determinada información fuera de la organización (o empresa), aun cuando la persona que lo hace está bajo presión explícita por parte de sus superiores, para no hacerlo así.
- 2- esta información es nueva para quien la recibe.
- 3- el motivo de dar a la luz esa información es precisamente llamar voluntariamente la atención sobre un problema
- 4- quien "hace sonar el silbato" cree que hay un problema moral importante que pudiera ser, por ejemplo, una amenaza a la seguridad pública, el uso de políticas no éticas, la existencia de actitudes injustas hacia los trabajadores, etc.

Aun cuando en la realidad se pueden dar todo tipo de casos, se puede distinguir entre *whistle blowing* interno o externo. Se trata de una actividad interna cuando el "hacer sonar el silbato" hace pública una nueva información sólo en el interior de la organización o empresa pero, esto sí, al margen de los canales habituales de circulación de la información en el seno de la organización. Un ejemplo sería cuando, en contra de las indicaciones del director de un departamento, se hacen circular informaciones internas de ese departamento hacia de otros departamentos o hacia niveles más altos de autoridad en la propia organización. Cuando la información difundida llega al exterior de la organización o empresa, se habla de un *whistle blowing* externo.

Mucho más importante es distinguir el *whistle blowing* abierto (cuando se conoce la identidad de quien "hace sonar el silbato"), y el anónimo (cuando, aunque se hace circular la información, a menudo por miedo a represalias, se mantiene secreta la identidad de quien da esa voz de alarma). En la realidad se dan toda clase de casos y combinaciones en cualquier proporción. El problema principal recae siempre en saber cuándo sería moralmente o, incluso, obligatoriamente permisible, el *whistle blowing* externo. La propuesta más aceptada se puede recoger en la formulación hecha por Richard T. De George en su libro *Business Ethics* (quinta edición de 1999), pensando en la ética de los negocios: Se considera que es *moralmente permisible* un *whistle blowing* externo por razones de seguridad general cuando se den al menos las tres condiciones siguientes:

- 1- si el daño que se puede hacer a la seguridad pública es serio y considerable.
- 2- si los superiores han sido advertidos previamente
- 3- si no se ha obtenido respuesta y/o satisfacción adecuada por parte de estos superiores y se han agotado los canales internos, incluido el comité de dirección.

En opinión de De George, el *whistle blowing* externo sería incluso *moralmente obligatorio* si se dan dos condiciones adicionales:

- 4- si hay evidencia documental que puede permitir decidir a un observador externo razonable e imparcial.
- 5- si hay una clara seguridad de que hacer público el asunto evitará de hecho el daño.

Conviene señalar que De George recoge estas condiciones como unas reglas generales de referencia y que es posible añadir excepciones y condiciones adicionales. Por ejemplo, pueden surgir situaciones de extrema urgencia que hagan imposible agotar todos los canales internos de la organización.

Debe resultar claro que la actividad de "hacer sonar el silbato" no resulta fácil (en realidad va en contra de las viejas enseñanzas escolares recibidas sobre lo incorrecto que es convertirse en un "chivato"...). También conviene tener en cuenta que hay obligaciones personales hacia la familia o hacia otras personas que pueden estar en contra del *whistle blowing*. A menudo, el dar la voz de alarma puede suponer perder el trabajo e, incluso, ser incorporado a unas posibles listas negras de la profesión que hagan del todo imposible encontrar un nuevo trabajo. El caso, antes comentado, de David Parnas y su *whistle blowing* respecto de la Iniciativa Estratégica de Defensa (SDI) del presidente Reagan le llevó, como ya se ha dicho, a tener que trabajar en otro país.

### *Códigos éticos y deontológicos*

Ante la gran potencialidad de la tecnociencia para producir efectos de toda clase en la sociedad que la crea y la utiliza, varias organizaciones profesionales (y a veces también ciertas grandes empresas) han decidido dotarse de códigos de comportamiento ético y hacer conocer entre sus asociados o miembros los principios deontológicos adecuados a la profesión de que se trate. Una posible definición de esta clase de códigos de ética profesional podría ser: "*una ordenación sistemática de principios, normas y reglas establecidos por un grupo profesional o casi-profesional, con el objetivo de regular y dirigir la conducta de los miembros, sus mutuas relaciones y, también, las relaciones con el resto de la sociedad*".

Normalmente se trata de normas consideradas como de aceptación general por toda o una gran parte de una profesión tecnocientífica. Los códigos éticos no están apoyados por sanciones legales y sólo tienen incidencia en función de la aceptación voluntaria por parte de los profesionales y, tal vez, gracias a la seriedad de determinadas asociaciones profesionales que actúan firmemente, por ejemplo, excluyendo de la asociación a aquellos profesionales que infringen el código ético.

Hay ejemplos de códigos éticos profesionales con una larga historia como el conocido "código hipocrático" de los médicos. Los códigos éticos adecuados a varias actividades de ingeniería han recibido gran atención a partir de los años 80, aun cuando algunas asociaciones profesionales de ingenieros expresaron, ya desde finales del siglo XIX, su interés por escribir y adoptar códigos de ética profesional para uso de ingenieros.

Los códigos de ética para la actividad tecnocientífica, como los ya suficientemente conocidos de médicos o abogados, pretenden actuar como estímulo positivo para promover una conducta ética y ayudar como guía y consejo en lo que hace referencia a las principales obligaciones de técnicos y tecnólogos. También expresan los deberes que una determinada actividad en el campo de la tecnociencia exige a sus practicantes, y a menudo se convierten fácilmente en códigos deontológicos.

El aspecto más importante a destacar es que los códigos éticos de una determinada profesión, a menudo adoptados por sus asociaciones profesionales más importantes y extensas, ofrecen un apoyo positivo a todos aquellos que deseen actuar de forma ética. Un código ético proclamado de forma pública, permite a un profesional sometido a determinadas presiones para actuar de forma no ética, poder negarse a hacerlo, acogiéndose a expresiones de la forma: *"Estoy obligado por el código ético de mi profesión que dice..., y no puedo hacer eso que se me pide"*.

Los códigos éticos sirven también como elementos de base para analizar, investigar y finalmente sancionar conductas profesionales no éticas. Y, de paso, también ayudan a mejorar la imagen pública de una profesión (o empresa) que, al saberse que dispone de un código ético, parece y aparenta una mayor respetabilidad y sentido de la responsabilidad a los ojos del gran público. Pero no hay que olvidar que, en la medida en que los códigos éticos no sean obligatorios, no pasan de ser un resumen de buenas intenciones y que su efectividad puede ser dudosa. También, por su propia naturaleza, los códigos éticos acostumbran a estar expresados de forma muy genérica que no los hace directamente utilizables en algunas situaciones reales.

## Referencias

- Barbour, Ian (1993). *Ethics in an Age of Technology - The Gifford Lectures 1989-1991: Volume Two*, New York, HarperSanFrancisco (HarperCollins Publishers).
- De George, Richard T.(1999). *Business Ethics (Fifth Edition)*, Englewood Cliffs (New Jersey), Prentice Hall.
- Harris Jr., Charles E., Pritchard, Michael and Rabins, Michael J. (1997). *Practicing Engineering Ethics*, New York, IEEE (IEEE Engineer Guide to Business Series).
- Martin, Mike W. and Schinzinger, Roland (2000). *Ethics in Engineering (Fourth Edition)*, New York, McGraw-Hill Inc.
- Unger, Stephen (1994). *Controlling Technology: Ethics and the Responsible Engineer (Second Edition)*, New York, John Wiley & Sons, Inc.
- Winner, Langdon (1978). *Autonomous Technology: Technics-out-of-Control as a Theme in Political Thought*, Cambridge (Massachusetts), The MIT Press.



## **Ingeniando el futuro**

*Didac Ferrer-Balas*

Centro para la Sostenibilidad

Universidad Politécnica de Catalunya

### **Las dimensiones del reto**

El desarrollo humano sostenible, como único modelo de desarrollo posible, plantea un reto de dimensiones todavía difícilmente imaginables de cara a los técnicos que se están formando hoy, o que se formarán mañana, y que serán los protagonistas del cambio de modelo al que asistiremos durante el siglo XXI. Lo que está en juego realmente es evitar que estos estudiantes sean en el futuro perpetuadores de un modelo agotado. Su formación debe hacerlos capaces de encontrar su lugar en la inevitable transición.

El cambio llevará a innovar tecnológicamente para ser mucho más eficientes en el consumo de energía y de materiales; los esfuerzos se centrarán en ir cerrando los ciclos de materia, reducir el consumo energético, aprovechar al máximo la energía de origen renovable y preservar la biodiversidad. Es probable que sea necesario reinventar las profesiones tecnológicas, que están basadas en un modelo de desarrollo forjado en la sociedad pre-industrial y que si no cambian serán incapaces de convivir en el marco del cambio de paradigma.

Desde un punto de vista tecnológico, el reto de la sostenibilidad supone realizar saltos de ecoeficiencia de gran magnitud con respecto a las tecnologías actuales: se estima que hace falta reducir entre 10 y 50 veces los impactos de las tecnologías actuales si queremos un sistema viable a largo plazo y extensible de forma equitativa a todos los habitantes del planeta<sup>1</sup>. La estrategia de “hacer como siempre”, aplicada al proceso de innovación no parece ser la solución para resolver los problemas que se plantean, puesto que no suele producir saltos de eficiencia de esa magnitud. Así, pues, hay campo para el reto intelectual de la innovación tecnológica.

### **¿Cómo puede enseñarse sostenibilidad en ingeniería?**

Enmarcadas en la Década de Naciones Unidas sobre Educación para el Desarrollo Sostenible (2005-2014)<sup>2</sup>, algunas organizaciones que forman a tecnólogos ya se han puesto a trabajar. Muchas de ellas se dan cita cada dos años en los congresos internacionales “Engineering Education in Sustainable Development, que se han hecho en Delft (2002), Barcelona (2004) y Lyon (2006). En el curso de la segunda edición se aprobó la Declaración de Barcelona<sup>3</sup>, que pretende recoger el espíritu de la Década en el ámbito de la formación superior tecnológica. La novedad, en este sentido, es que se trata de la primera declaración internacional en el ámbito educativo superior que afecta a un colectivo (o un grupo de colectivos) profesional determinado, en este caso el tecnológico.

La Década pretende promover un debate global sobre la integración de la sostenibilidad en todos los niveles educativos y promover la adopción de estrategias, acciones e iniciativas en cualquier parte del mundo. Es obvio que los profesionales de la ingeniería son capitales para el desarrollo y la implementación de tecnologías sostenibles y la innovación hacia sistemas sostenibles. Las instituciones educativas tecnológicas, como las universidades técnicas, han sabido en general formar ingenieros e ingenieras cualificados y capaces de responder a las

---

<sup>1</sup> Ver K.F.Mulder, Ed. (1996), Sustainable Development for Engineers. A Handbook and Resource Guide, Greenleaf Publishing, Sheffield (UK).

<sup>2</sup> <http://portal.unesco.org/education/>

<sup>3</sup> <http://www.upc.edu/eesd-observatory>

demandas de la sociedad. Como nueva demanda, el desarrollo sostenible requiere un profundo cambio, pues no sólo se trata de tener en cuenta aspectos sociales y ambientales en el diseño, desarrollo y realización de nuevas tecnologías y nuevos productos, sino de convertirlo también en parte esencial de los objetivos y las especificaciones de partida. Esto contempla la generación y transmisión de nuevo conocimiento cognitivo, pero también el desarrollo de nuevos métodos y nuevas herramientas de enseñanza y aprendizaje. Por otro lado, también requiere transiciones en los paradigmas actuales, apertura de miras y cambios en los valores y las asunciones básicas del presente. Hace falta, por lo tanto, dar importancia de nuevo a aspectos como la ética, las ciencias sociales y el desarrollo de habilidades en el currículum ingenieril.

Conscientes de que los titulados han de estar preparados para las condiciones de la sociedad futura, es necesario ver el desarrollo sostenible como una responsabilidad a gestionar, y más allá de saber reconocer los problemas, hace falta que sean capaces de aplicarlo a su vida profesional combinando la habilidad técnica con la perspectiva global necesaria para abordar problemas complejos y nuevos.

### ¿Qué cambios curriculares hace falta hacer?

Hace falta dejar claro, no obstante, que la sostenibilidad no es una disciplina técnica, en todo caso no en el sentido que lo son la hidráulica o la mecánica, por ejemplo. La sostenibilidad define el contexto que las disciplinas técnicas y de otro tipo son aplicadas, y las propiedades emergentes que surgen de sus aplicaciones. Es, por lo tanto, una manera de pensar –un hábito mental- y de hacer sobre cómo se tienen que enfocar los problemas. Significa, así, adoptar una aproximación sistémica en todo el proceso de la ingeniería.

Ninguna de estas condiciones excluye el rigor científico y técnico, sino que resitúa su marco de aplicación. Siguiendo este hilo conductor, aunque ya existan propuestas de este tipo, no parece demasiado necesario hablar de nuevas titulaciones como “ingeniería sostenible”, sino que resultaría más lógico que las ingenierías incorporaran la perspectiva sostenibilista en su aproximación a cada disciplina concreta; de forma que podríamos hablar de ingenierías sostenibilistas.

De forma simplificada, se puede decir que hay tres niveles de actuación necesarios en el proceso que ya se denominó como "sostenibilización curricular":

- Dar a conocer los **principios básicos de la sostenibilidad** a todos los estudiantes (ya sea a través de asignaturas o de módulos específicos sobre sostenibilidad, y que permitan que el estudiante vea la cuestión de una manera integrada y conectada, con suficiente profundidad de análisis).
- **Integrar la perspectiva del desarrollo sostenible globalmente** en el currículum en todas las actividades de aprendizaje (siempre que sea razonable), de una manera coherente y transversal por garantizar que el aprendizaje de los principios sostenibilistas no entran en contradicción con los contenidos disciplinares “tradicionales”, sino que los plantean un nuevo reto para la innovación).
- **Ofrecer la posibilidad de especialización** en aspectos determinados de la sostenibilidad en la graduación (puesto que entre los profesionales que hace falta formar, es evidente que hacen falta diferentes profundidades de análisis, como se describe a continuación)

Aunque hace falta que todos los técnicos conozcan el marco global del paradigma sostenibilista, hay varios ritmos en las transiciones de ecoeficiencia que se deben producir en el camino hacia un futuro sostenible. Hay, por lo tanto, necesidades diversas en relación con los profesionales de la tecnología. Esto también significa que las opciones formativas deben corresponder a esta diversidad. Algunos tendrán que seguir trabajando en la optimización de



sistemas actuales a corto plazo, con un enfoque generalizado en prevención, pero también aplicando sistemas de "final de tubería" cuando haga falta. En este caso, son necesarios expertos disciplinarios capaces de trabajar multidisciplinariamente. Otros se dedicarán a las repensar estructuras a partir de sistemas preexistentes, y deberán ser brillantes en el trabajo multi e interdisciplinar. Finalmente, harán falta también personas más centradas en la búsqueda a largo plazo, capaces de imaginar globalmente los nuevos sistemas a partir de las "necesidades básicas" que satisfacen (volvemos al concepto de "necesidades a satisfacer" presente en la famosa definición del Informe Brundtland) y que deberían sobresalir en el trabajo inter y transdisciplinar.

### **El cambio climático, un reto ilustrador del cambio que hace falta**

Hay cuestiones que pueden ilustrar bien los necesarios cambios de paradigma de los que hablamos. Una de ellas es el cambio climático. La tecnología que hace falta enseñar ha de integrar este reto como uno de los elementos claves y motores de esta renovación, puesto que precisamente es la consecuencia de muchas de las decisiones técnicas que los profesionales de este campo han tomado, y todavía hoy siguen tomando. Es necesario entender que este no es un problema estrictamente técnico –lo supera con creces por sus dimensiones socio-económicas y por lo tanto hace falta formar personas capaces de comprenderlo en su globalidad-, pero a la vez, hace falta aprovechar el estímulo que plantea para lo que la buena ingeniería ha sabido hacer: solucionar, a partir de la innovación y el ingenio, problemas concretos de relevancia social.

### **La oportunidad única del Espacio Europeo de Educación Superior**

El proceso de creación del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), iniciado con la Declaración de Bolonia, está avanzando irreversiblemente. Su objetivo central es consolidar la presencia de Europa en el mundo a través de la mejora continua de la educación superior de sus ciudadanos, poniendo especial énfasis en la adopción y el desarrollo armónico de sistemas educativos superiores fácilmente comparables, con titulaciones que permitan el reconocimiento académico y profesional en toda la Unión Europea.

El proceso, como toda fase de cambio, permite la renovación de conceptos y prácticas que hoy en día se deben reformar. Como aspecto capital de esta reforma, se ha discutido y aprobado la necesidad de modificar profundamente el método de enseñanza centrada en el profesor, y centrarlo en el alumno y en su proceso de aprendizaje. En este sentido, "Bolonia" representa una oportunidad única para conseguir introducir en profundidad aspectos como el paradigma sostenibilista en todas las enseñanzas, no únicamente en las nuevas titulaciones –por ejemplo, ambientales– que puedan crearse. Pero esto no está ganado de entrada, puesto que también existe el riesgo que el debate derive hacia cuestiones más formales que conceptuales, y sea necesario esperar veinte años más para tener otra oportunidad de esta magnitud.

### **Conclusiones**

Si aceptamos que el modelo sostenibilista es la única alternativa realmente viable, ¿cómo nos las ingeniamos por hacer este futuro sostenible? Seguro que hará falta un gran giro en el pensamiento, los valores y la acción. Citando a Einstein, *"los problemas relevantes a los que nos enfrentamos no pueden solucionarse aplicando el mismo tipo de pensamiento que los ha creado"*.

Hace falta desacoplar el progreso social y el bienestar de la degradación ambiental. Contribuir a esta innovación sólo será posible si se sitúa la sostenibilidad como requisito esencial de todo progreso tecnológico. Es ingenuo pensar que si seguimos formando a los tecnólogos como

siempre, o si les proporcionamos con timidez un conjunto de conocimientos sobre tecnologías ambientales, se lograrán procesos tecnológicos que permitan el desarrollo sostenible.

La etapa actual abre algunas oportunidades. La Década de Naciones Unidas y el Espacio Europeo de Educación Superior son dos de ellas. ¿Dejaremos pasar este tren y todas las ventajas que se derivan? Ese es un lujo que ya no nos podemos permitir.

## **Mirada a la diversidad cultural en la formación superior de los ingenieros**

Maria Assumpta Aneas Alvarez

Facultat de Pedagogia

Universitat de Barcelona

### **Introducción**

En el presente trabajo se va a defender la presencia de una formación intercultural en el currículum académico del ingeniero. En primer lugar se justificará la dimensión multicultural de la ingeniería, tanto desde la integración de saberes, la génesis y diseño del proyecto hasta su construcción. A continuación se definirá el concepto de competencia intercultural, como aquella competencia que permitirá al profesional de la ingeniería de responder a estos requerimientos multiculturales. Seguidamente se presentarán una serie de indicaciones sobre cómo introducir la formación de estas competencias en los planes de estudio. Las estrategias más importantes para introducir este aprendizaje sería la interdisciplinariedad y el enfoque de formación por competencias. Finalmente se detallarán algunas ideas mucho más concretas respecto al contenido, diseño, actividades didácticas y evaluación de la formación intercultural que podría implementarse en un centro de Educación Superior de Ingeniería.

### **Hacia una ingeniería intercultural**

Nos encontramos en un mundo global caracterizado por flujos de información, tecnología, recursos y personas (Castells, 2000). Es en este escenario en el que el ingeniero desempeña su tarea; integrando saberes y creando artefactos materiales que prestan servicios a una comunidad. Qué ligada a la cultura resulta esta profesión, mucho más de lo que cualquier neófito pudiera pensar!!! y qué pertinente parece el recordar las palabras del poeta colombiano Castro Saavedra (1966) cuando enfatizaba esta implicación de ingeniería y cultura “*Ninguna profesión tan terrestre y tan ligada al adelanto de los pueblos como la ingeniería: Es como la mano con la que los pueblos construyen su propia existencia navegable y transitable, su destino fluyente, una unidad y sus posteriores desbordamientos universales...Son sus obras proyecciones de su condición humana y de sus sentimientos de solidaridad*”. Si añadimos a esta concepción originaria el hecho de que la mayor parte de los proyectos son internacionales, ya sea por integrar equipos multiculturales o desarrollarse en países que no son los propios de los ingenieros podremos afirmar el carácter multicultural del trabajo de ingeniería.

Efectivamente, muchos proyectos se licitan y ejecutan a nivel internacional, en el seno de equipos profesionales multinacionales; y las personas que los crean y construyen, desde los equipos más cualificados hasta los operarios de más bajo nivel, pueden estar formados por personas procedentes de diversos países. De esta manera el desarrollo de un proyecto, desde su diseño y construcción, tiene un impacto fundamental en el territorio en el que se localiza, en la comunidad que va a usarlo, servirse de ello, sufrirlo. Se puede pensar y construir en un terreno que sea tabú, que sea sagrado para una determinada comunidad, que atente contra valores muy profundos, importantes o arraigados: ya sea religiosos, naturales, culturales...El ingeniero puede construir su obra, de acuerdo a los cánones del proyecto, pero sobre sus propios valores, creencias, recursos, puede construir desde su etnocentrismo. Y aunque su obra pueda ser ensalzada por muchos, quizás sea profundamente atentatoria y ofensiva para muchos, que van a verse obligados a convivir con ella o padecerla. En este mismo sentido hemos de ser conscientes de lo que representa trabajar, negociar, dirigir y ser dirigido por personas de culturas diferentes a la propia. Aunque no seamos conscientes de ello y veamos aspectos superficiales como el idioma, los vestidos, ciertos comportamientos como la única diferencia

destacable<sup>4</sup>. La cultura nos afecta de manera inconsciente a causa del bagaje de saberes, creencias, emociones y valores que a todos y cada uno de nosotros se nos ha ido modelando a lo largo de nuestra vida, desde nuestra infancia en un complejo y extraordinario proceso de enculturación. Esta diversidad se manifiesta en el trabajo cotidiano en la concepción y ejercicio de la autoridad (Hofstede, 1999), en la actitud hacia las normas ( Trompenaars, & Hampden-Turner, 1998), en la manera de aprender ( Hall, 1983), en la planificación, en la manera de negociar, de comunicarse (Ting –Tomey, 1988 ) y en muchos otros aspectos; prácticamente todos los que comportan el trabajo. La diversidad cultural de los equipos pone en relación estas diversas maneras de ser, hacer, sentir y pensar y su correcta gestión es clave para el desempeño profesional eficiente.

## Competencias Interculturales

¿Si están emergiendo con más fuerza que nunca los valores de la sostenibilidad ambiental; por qué no considerar, también, los valores de la ecología cultural, entendida como un equilibrio entre culturas, en la que no haya prevalencia o subyugación por parte de una cultura sobre otra más vulnerable? Qué competencias profesionales son necesarias para que este trabajo responda a las condiciones, a los requerimientos que esta situación multicultural comporta? Celma et al (2008), junto con otros autores como Echeverría (2002) , Bunks (1994) o Angeli (1997) han justificado ampliamente que sólo el constructo Competencias permite resolver problemas de complejidad creciente en escenarios diversos de trabajo de manera autónoma y flexible. Aneas (2003), sobre las bases conceptuales establecidas por estos autores, definió la competencia intercultural como la integración y aplicación en el trabajo del conjunto de conocimientos, destrezas y actitudes que permiten una conducta profesional eficiente y la integración en la organización culturalmente diversa. Así mismo formuló el Modelo CIT de Competencias Interculturales Transversales que comprendía tres macrocompetencias: Diagnosticar de la influencia de la cultura en los requerimientos del trabajo y la organización, Relacionarse interculturalmente con las personas del entorno profesional y Afrontar las incidencias, problemas y requerimientos que la diversidad pueda generar. Dicho modelo considera e integra el conjunto de conocimientos, comportamientos y actitudes necesarios para el trabajo en interculturalidad.

**Cuadro 1: Modelo de Competencias Interculturales Transversales. Aneas 2003**

| <i>Competencias interculturales transversales (CIT)</i>  |   |  |
|--|---|--|
| <b>Diagnosticar</b>  | <b>Relacionarse</b>   | <b>Afrontar</b>  |
| Los aspectos culturales que determinan a las personas de la organización.<br>Incidentes, necesidades y situaciones ocasionados por las diferencias culturales en el desempeño del trabajo en la empresa. | Negociación intercultural.<br>Comunicación intercultural.<br>Trabajo en equipo intercultural. | Potenciar el autoaprendizaje intercultural.<br>Afrontar y resolver problemas interculturales.<br>Desarrollar soluciones que consideren las otras culturas. |

De tal manera que los ingenieros, para desarrollar su trabajo respondiendo a una intención intercultural en la que se responda y respete la diversidad cultural deberían tener y aplicar Competencias Interculturales.

## Las competencias interculturales en el currículo de ingeniería

Actualmente nos encontramos en un periodo de revisión y transformación de los Modelos formativos en la Educación Superior. Por un lado en muchas universidades se sigue aplicando

<sup>4</sup> La idea la coexistencia de elementos culturales superficiales y conscientes, y de otros subconscientes e intangibles ha estado representada gráficamente por el Iceberg de la cultura de Franch y Bell ( 1979)

un diseño curricular basado en una educación sistematizada por objetivos (Bloom, Mager, Marsano), que organizada en torno de asignaturas; fragmentaba el aprendizaje de teoría y práctica sobre la lógica de las diversas disciplinas científicas o las técnicas profesionales. En este modelo, el desarrollo de unas habilidades interculturales se articularía en torno a una o unas asignaturas específicas que abordaran por si mismo los diversos objetivos de aprendizaje en torno a disciplinas concretas como la sociología, la antropología, etc.

Dadas las críticas que se han dado a este modelo, debido a sus limitaciones y carencias para formar profesionales que respondan a los complejos retos y requerimientos propios de la situación actual.<sup>5</sup> Desde hace unos años ha emergido un nuevo modelo de Educación Superior orientado al desarrollo de las Competencias. Según han sintetizado Celma et al. (2008:1), la propuesta del Currículo orientado a Competencias Profesionales requiere “*una actitud crítica y reflexiva, entendiendo como la totalidad educativa en cuya espiral dialéctica confluyen elementos desde el diagnóstico de necesidades sociales y variables de contexto, hasta las operaciones últimas del programa educativo, incluyendo los sistemas de evaluación*”. Siendo una propuesta incluyente, integradora y holística que rescataría vía el constructivismo, papeles más activos del alumno y del profesor, confrontando la sistematización educativa por objetivos, su fragmentación y sus alcances menores en aprendizajes significativos. En este modelo, el desarrollo de Competencias Interculturales se podría desarrollar en torno a los siguientes ejes.

### ***Interdisciplinariedad***

Citando los aportes de Torres respecto a formación universitaria del ingeniero “*Puesto que abre nuevos caminos cada vez; la educación en ingeniería debe reorganizarse en términos de problemas presentes y las necesidades de la comunidad. Esto llama a la revisión de los currículos, los métodos de enseñanza y las estructuras de la universidad, en relación con los que queda mucho por hacer y discutir*” (1996: 198); y la gran respuesta a este reto es la interdisciplinariedad.

Según el documento sobre política para el cambio y el desarrollo en la Educación Superior de la UNESCO de 1995 se señala el espectacular desarrollo de los conocimientos ha llevado al desarrollo de programas de Educación Superior, caracterizados por la interdependencia de las distintas disciplinas científicas y la renovación de métodos de enseñanza. La interdisciplinariedad puede ser puramente teórica, artificial...pero también, tal y como consideran Valencia et al. (2008) puede ser algo extremadamente concreto y muy preciso cuando viene desde fuera, en otras palabras cuando responde a la efectiva complejidad y al carácter “multi-referencial” de todos los problemas reales. Más aún cuando se puede ver que la comunidad, mediante su creciente demanda de ayuda en el análisis y solución de sus problemas sociales y económicos, puede estar en condiciones de forzar a la universidad a remodelar sus programas curriculares, de investigación así como sus estructuras institucionales.

Mediante la interdisciplinariedad lograremos un amplio rango de objetivos, tal y como propone Rugarcía (2008): a) Resolver preguntas complejas, b) Aproximarnos a asuntos amplios, c) Explorar relaciones entre disciplinas o entre profesiones, d) Resolver problemas que rebasan una sola disciplina y e) Lograr un conocimiento unificado.

Para planear la formación de competencias interculturales desde la interdisciplinariedad, parece muy pertinente las recomendaciones del Método Transcendental de Lonergan (1988). Este autor planteaba que para buscar el conocimiento se debe seguir el proceso de a) Atender a

---

<sup>5</sup> Edgar Morin ( 1999) es bastante enfático al decir: “... existe una inadecuación cada vez más amplia, profunda y grave entre, por un lado, los saberes desarticulados, parcelados y compartimentados y, por el otro lado, las realidades o problemas cada vez más polidisciplinarios, transversales, globales y planetarios...”

ciertos datos por medio del uso de los sentidos y conciencia. Este aspecto es especialmente relevante en el análisis de situaciones interculturales en las que las conductas manifiestas deben ser “Diagnosticadas”<sup>6</sup> desde ese prisma culturalmente no etnocéntrico. a) Entender la relación que mantienen esos datos implica contestar a preguntas tales como: qué, por qué, cuánto, cómo... Este paso, también es relevante en el desarrollo de las competencias interculturales, pues permiten reflexionar sobre los elementos subyacentes de la cultura y son el foco idóneo para aplicar competencias de “Afrontar”. c) Juzgar si lo que se entiende es cierto o no, es decir, reflexionar sobre la relación que guardan los frutos de los actos intelectuales y d) Valorar, si los juicios implementados son buenos o malos, si valen la pena para la vida. Estos últimos componentes éticos también son especialmente relevantes en el desarrollo de la competencia interculturals pues el concepto de interculturalidad implica, en su mismo significado una actitud de respeto, legitimación y relación simétrica con la otra cultura, por vulnerable o minoritaria que sea.

### ***Enfoque de competencias.***

Cuando se diseña un programa de estudios desde el enfoque de las competencias, el eje rector será ese comportamiento profesional; entorno al que se articularán los diversos saberes teóricos y actividades prácticas que se requieran para su ejercicio. En este sentido, el desarrollo de competencias interculturales puede articularse tanto desde ciertos contenidos que deban incorporarse a competencias eminentemente técnicas. Por ejemplo, en el caso del diseño de un proyecto, sería pertinente introducir como un elemento del mismo, tener en cuenta, localizar y considerar información sobre el contexto cultural de la comunidad en que se ubicará dicho proyecto. Y si un módulo se plantea el desarrollo de competencias comunicativas, en ese módulo se deberán introducir los elementos que permitan la comunicación y negociación intercultural. Este sería un planteamiento interdisciplinario.

Otro planteamiento sería el desarrollar un módulo exclusivamente dedicado al desarrollo de competencias interculturales. En el que se plantearan y desarrollaran los saberes, actitudes y destrezas que permitieran a los alumnos tanto el considerar la cultura en sus diseños, como el relacionarse con operarios de otros países. Este sería un planteamiento transversal.

## **Aspectos de diseño de la formación intercultural**

### ***El contenido de la formación intercultural***

Cabe decir en este punto, que la interculturalidad, al igual que la ingeniería, es un campo eminentemente interdisciplinar en el que disciplinas como la sociología, la psicología, la antropología, la educación, etc. comparten y construyen saberes para lograr una plena comprensión de la relación intercultural y sus efectos sobre las personas, sus relaciones y su trabajo. En este mismo sentido es importante señalar que los contenidos que deberían formar parte del desarrollo en competencias interculturales deberían ser:

- a) Comprensión de causas y efectos de las migraciones tanto en países emisores como receptores.
- b) Aclaración de verdades y mentiras, de los estereotipos vigentes en cada sociedad relativa a los colectivos culturales más vulnerables.
- c) Comprensión del verdadero significado de cultura y su impacto en las personas, los grupos y la comunidad.
- d) Procesos psicológicos y sociológicos relacionados con el tránsito cultural y la aculturación en un nuevo entorno

---

<sup>6</sup> Modelo CIT ( Aneas, 2003)

- e) Teorías de análisis cultural desde un enfoque específico <sup>7</sup> y desde un enfoque de cultura general <sup>8</sup>

### ***Diseño del módulo formativo***

El diseño del módulo formativo puede plantearse según un enfoque de tipo general, sin contextualizarse en un sector o empresa concreta, hablando, más bien de la empresa y el mundo del trabajo en general, por ejemplo los trabajos de Hampden-Turner y Trompenaars (2000), Aneas et al (2005), Brislin y Yoshida (1994), Storti (1994), etc. O por el contrario, focalizar la formación en un sector u actividad específica. Por ejemplo, Pedersen (1994) ha desarrollado formación intercultural dirigida a estudiantes de programas de educación superior internacionales. Así mismo Pedersen (1994) y Freimanis (1994) han desarrollado programas interculturales específicamente dirigidos a los profesionales de la educación.

### ***Metodología didáctica***

Dichos contenidos, introducidos desde cualquiera de las estrategias presentadas deben desarrollarse en el aula mediante una serie de actividades en las que se convine el aprendizaje teórico<sup>9</sup> de dichos contenidos con actividades prácticas que serán las que permitirán la verdadera ejercitación de la competencia. Las técnicas y actividades más citadas en la formación intercultural serán, tal y como sintetiza Aneas (2003) a) Lecturas, comentarios y críticas de documentación teórica. b) Visionado, análisis y crítica de recursos audiovisuales, c) Ejercitación en asimiladores culturales, d) Actividades de dinámica de grupos, e) Role Playings y f) Autodiagnósticos. En todo caso actividades en las que se den diversos niveles ejercicio intelectual y afectivo.

### ***Evaluación del aprendizaje***

La evaluación de la finalidad de la formación intercultural ha sido ampliamente estudiada. Blake, Heslin y Curtis (1996) analizaron los trabajos de Hammer, Gudykunst y Wiseman (1978), Heslin y Blake (1973) y Kealy (1989) y llegaron a la formulación de tres grandes estándares de competencia intercultural: a) Satisfacción personal, b) Relación intercultural y c) Eficacia profesional. Lamentablemente no han sido analizados y desagregados en mayor profundidad como para poder operar con ellos evaluativamente. Con relación a los objetivos de aprendizaje más específicos u operativos de la formación cabe decir que evaluar el aprendizaje de ciertos conceptos o destrezas no implica la misma complejidad que el aprendizaje de aspectos más afectivos o actitudinales. Los resultados o evidencias, que señalen el logro o no de dicho tipo de objetivos, pueden manifestarse a largo plazo, una vez finalizada la acción formativa y la propia evaluación. Así mismo sus manifestaciones pueden ser manipuladas consciente o inconscientemente por diversos sesgos, etc. Todo ello ha de ser tomando en consideración a la hora de evaluar el grado de logro de dichos objetivos.

Respecto a los efectos de la formación intercultural han sido objeto de mucha atención por parte de diversos investigadores. Al respecto Landis y Brislin (1983), y Brislin et al.(1983) elaboraron una síntesis de dichas investigaciones que se ilustran en el cuadro 2:

---

<sup>7</sup> Cada cultura concreta, cada país.

<sup>8</sup> Para estos contenidos son relevantes los modelos culturales de Hofstede, Trompenaars, Hall, etc. ya citados anteriormente.

<sup>9</sup> El planteamiento del aprendizaje trascendente de Lonergan parece una orientación muy adecuada.

## Cuadro 2: Efectos de la formación intercultural

|   |
|---|
| <b>Cambios en la manera de pensar de las personas</b>   |
| 1. Un incremento de la comprensión de los autóctonos respecto a sus propios puntos de vista.  |
| 2. Un decrecimiento en el uso de los estereotipos negativos   |
| 3. El desarrollo de un pensamiento complejo, por encima de las sobre simplificaciones, acerca las otras culturas, así como un incremento del conocimiento de las mismas.  |
| 4. En los programas de formación de mayor duración (más de diez semanas) se ha apreciado el desarrollo de lo que se ha denominada “ <i>apertura de mente</i> ”, así como un incremento del conocimiento de la propia cultura. |
| <b>Cambios en las reacciones afectivas de las personas</b>  |
| 1. Incremento del disfrute y reducción de la ansiedad en las personas que interactúan con personas extranjeras  |
| 2. Incremento del sentimiento, desde la perspectiva de una tercera persona, que se establece una buena relación laboral entre personas de diversa cultura.  |
| <b>Cambios en la conducta de las personas</b>   |
| 1. Mejora de la relación interpersonal en grupos de trabajo compuestos por personas de orígenes culturales diferentes   |
| 2. Mejor ajuste al estrés cotidiano de vivir en otra cultura y mejora en el rendimiento profesional   |
| 3. Incremento de la seguridad cuando se interactúa con otros  |
| 4. Ayuda a los demás en el logro de los objetivos de los demás en relación a la mejora de las relaciones interculturales  |

## Conclusiones

Parece sólidamente pertinente la introducción de las competencias interculturales en los programas de formación del ingeniero. El planteamiento epistemológico de la interdisciplinariedad y la orientación didáctica al desarrollo de competencias mediante una adecuada combinación de teoría y actividades experienciales sería la base más sólida para la formación de las mismas.

## Referencias

- Aneas, A et al.(2005) *Competencia Global*. Madrid: Diaz de Santos
- Aneas. A. (2003) *Competencias Interculturales Transversales en la empresa: un modelo para la detección de necesidades formativas*. . Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.  
<http://www.tdx.cesca.es/TDX-1223104-122502/> (visible desde el 23 de diciembre de 2004)  
B.5337-2005 / 84-689-0498-8
- Angeli, F. (1997). *Unità capitalizzabili e crediti formativi. Metodologie e strumenti di lavoro*. Roma: Isfol.
- Blake, B.F., Heslen, R., y Curtis, S.C. (1996). Measuring Impacts of Cross-Cultural Training. En D. Landis y R. Bhagat (Eds.). *Handbook of intercultural training* (pp. 165-181). Thousand Oaks: Sage.
- Brislin, R. y Yoshida, T. (1994). *Improving Intercultural Interactions*. Thousand Oaks: Sage .
- Brislin, R. et al.. (1983). Conceptualisations of intercultural behavior and training En D. Landis & R. Brislin (Eds.). *Handbook of Intercultural training: Vol. I. Issues in theory and design* (pp.1-34). Elmsford, NY: Pergamon.
- Bunk, G.P. (1994). La transmisión de las competencias en la formación y el perfeccionamiento profesionales de la RFA. *Revista Europea de Formación Profesional*, 1: 8-14.
- Castro Saavedra (1966) *Caminos y montañas. Elogio de la Ingeniería*. Medellín: Sociedad Antioqueña de Ingenieros.



- Celma, GC., Gutiérrez, M.C. y Tulio, L. *Diseño Curricular por competencias: Una oportunidad de mejoras para la carrera de Ingeniería Química*. Universidad Tecnológica Nacional. Ciudad de Buenos Aires. [http://dpi.eq.ufrj.br/ciaiq\\_22/CD/formCrCongreso/papers/02b/02b\\_237.pdf](http://dpi.eq.ufrj.br/ciaiq_22/CD/formCrCongreso/papers/02b/02b_237.pdf). (consultada el 13 de enero de 2008).
- Echeverría, B. (2002). *Gestión de la Competencia de Acción Profesional*. Barcelona: Universidad de Barcelona
- Freimanis, C. (1994). Training bilinguals to interpret in the community. En R. Brislin & T. Yoshida (Eds.). *Improving intercultural interactions: Modules for cross-cultural training programs* (pp. 313-341). Thousand Oaks, CA: Sage.
- French, W.L. y Bell, C.H. (1979). *Organizational development*. New Jersey: Prentice Hall.
- Hammer, M.R.; Gudykunst, W. y Wiseman, R (1978). Dimensions of intercultural effectiveness: An exploratory study. *International Journal Of Intercultural Relations*, 2: 382-393.
- Hall, E.T. (1983). *The dance of life*. New York: Doubleday.
- Hampden-Turner, C. y Trompenaars, F. (2000). *Building Cross-Cultural Competence*. London: Yale University Press.
- Heslin, R. y Blake, B. (1973). The involvement inventory. En J.W. Pfeiffer & J.E. Jones (Eds.). *The 1973 annual handbook for group facilitators* (pp. 101-129). Iowa City, IA: University Associates Press.
- Hofstede, G. (1999). *Culturas y organizaciones*. Madrid: Alianza Editorial.
- Kealey, D. (1989). A study of cross-cultural effectiveness: Theoretical issues, practical applications. *International Journal Of Intercultural Relations*, 13: 378-428.
- Landis, D. y Brislin, R. (Eds.) (1983). *Handbook of intercultural training (3 vols.)*. Elmsford, NY: Pergamon.
- Lonergan, B (1988) *El método en teología*. Salamanca: Editorial Sígueme.
- Morin, E. (1999) *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. Paris: UNESCO
- Pedersen, P. (1994). *A handbook for Developing Multicultural Awareness*. Alexandria: Americans Counselling Association.
- Rugarcía, A. (2007) *La interdisciplinariedad: el reino de la confusión*. Universidad Iberoamericana Centro Golfo. [http://www.anui.es/servicios/p\\_anui/publicaciones/revsup/res098/txt4.htm](http://www.anui.es/servicios/p_anui/publicaciones/revsup/res098/txt4.htm) obtenida el 6 Nov 2007 05:30:19 GMT.
- Ting-Toomey, S. (1988). A face-negotiations theory. En Y. Kim y W. Gudykunst (Eds.). *Theory of intercultural communications* (pp. 111-123). Newbury Park CA: Sage.
- Trompenaars, F. & Hampden-Turner, Ch. (1998). *Riding the Waves of Culture*. New York: McGraw-Hill.
- Torres J. (1996) *El curriculum oculto*. Madrid. Editorial Morata
- Storti, C. (1994). *Cross-Cultural Dialogues*. Yarmouth, MI: Intercultural Press.
- UNESCO (1995) "Documento de Política para el Cambio y el Desarrollo de la Educación Superior". Paris.
- Valencia, A. et al. (2008) *La interdisciplinariedad en ingeniería*. Grupo de Ingeniería y Sociedad. Universidad de Antioquia.



## **El saber transdisciplinario. Pensar el contexto y lo complejo**

*Alfredo Pena-Vega*

Centre d'Etudes Transdisciplinaires

EHESS/CNRS

penavega@ehess.fr

### **¿Cómo asumir los desafíos de la interdisciplinaridad?**

Para asumir los desafíos de la interdisciplinaridad, algunos parten de la observación según la cual el proceder disciplinar (perfectamente legítimo y habiendo probado ampliamente su eficacia) está acompañado sin interrupción por recomposiciones de fronteras creadoras de interdisciplinaridad. Así pues existe una interdisciplinaridad complementaria de la disciplinaridad. Y esta interdisciplinaridad no levanta ningún problema de principio en el plano epistemológico; también es perfectamente reconocida por el *establishment* científico.

Entonces es necesario precisar de qué estamos hablando cuando hablamos de una “multidisciplinaridad” que exige una reforma del pensamiento. Podemos ahora, esquematizando, distinguir dos formas de multidisciplinaridad: una interdisciplinaridad y una pluri-disciplinaridad.

La interdisciplinaridad se define como “un procedimiento de ensamblaje dialógico de los aportes complementarios, antagonistas, necesarios para el tratamiento de un objeto complejo”. El calificativo “dialógico” es empleado para significar una diferencia fundamental con la pluridisciplinaridad, en la cual los aportes de las disciplinas son yuxtapuestos simplemente. Cinco niveles de integración tienen que ser distinguidos en un proceder interdisciplinario: el nivel de los puntos de vista, de los lenguajes, conocimientos, limitaciones técnicas de colecta de los datos y finalmente el nivel del estatuto de cada disciplina en su conjunto. Disponemos, con esta proposición, de reglas de conducta de la investigación (y entonces de bases comunicables para el establecimiento de protocolos) y a través de una pauta de evaluación. Pero esta pauta, en razón de su originalidad, necesita un reconocimiento institucional propio (lo que no es el caso hasta ahora). Este tipo de interdisciplinaridad requiere la mayor parte del tiempo un trabajo de equipo: el acceso a la complejidad es colectivo y pasa por el co-aprendizaje dialógico que induce la práctica de reglas de integración.

### **El paradigma del conocimiento: la mirada compleja.**

La transdisciplinaridad es vista como procedente directamente de la totalidad, lo que supone desde la partida el enunciado de un punto de vista que sobresale todos los puntos de vista disciplinarios. Esto acarrea una exigencia particular de rigor. Por otra parte, hay que tener cuidado con el hecho de que la referencia a la totalidad no remite ni a una coherencia global ni tampoco a un conocimiento exhaustivo del todo. Hay que aceptar a la vez el aspecto enciclopédico del conocimiento movilizado y su carácter inacabado, y las interpretaciones que remiten a dinámicas contradictorias. Este tipo de disciplina supone un aumento de rigor en el uso de los conceptos y de los conocimientos y por ende un conocimiento de las condiciones en las cuales son elaborados. Subrayamos de paso que podemos decir que estas observaciones son igualmente válidas para la interdisciplinaridad.

El trabajo de construcción del objeto complejo apela a unas herramientas. Dos de ellas han sido evocadas: la lógica y la mirada compleja. En lo que concierne la primera, interdisciplinaria en la medida en que asocia matemáticas y filosofía, la constatación es que, lejos de buscar a incluirse en procedimientos interdisciplinarios, se atasca en la especialización en el seno de su propio dominio. En cuanto a la mirada compleja, puede ser reduccionista (cuando se parte de un modelo formal, una visión lineal); la tarea es de concebir y representar

contextualizando: entonces hay que partir de lo real para modelizar. Hay que dejar de querer predecir y contentarse de querer describir. “Hemos estado, nos dice Jean Louis Le Moigne, tan acostumbrados a concebir descontextualizando”. Es en este sentido que la interdisciplinariedad puede ayudarnos a reaprender nuestra capacidad a concebir contextualizando.

A fin de cuentas, ¿hay que proceder a través de un paradigma del conocimiento a una reforma del pensamiento? En el caso de que sea así, ¿cuál? Dicho de otra forma, ¿hay que y cómo repensar la enseñanza? Algunos han mantenido como primera exigencia la base disciplinaria de la enseñanza. Otros -y Edgar Morin particularmente- ponen la cultura antes de la disciplina. Y particularmente una cultura epistemológica. El propio del ejercicio interdisciplinario, en efecto, es obligar cada uno a exponer los prosupuestos de su proceder, es decir interrogarse sobre las condiciones en las cuales se producen –pero también se legitiman- los conocimientos en el nombre con los cuales habla.

### **La transversalidad: diálogo del conocimiento.**

A través de una reflexión sobre los fundamentos epistemológicos del conocimiento, queremos atraer la atención sobre lo que significa la “transversalidad” entre las disciplinas. Este diálogo del conocimiento concierne los que, en el seno de una cultura científica, tienen una posición abierta y reconocen la existencia y el modo de ideas del otro.

“Está establecido hace tiempo que el hombre en sus actividades tanto prácticas que cognitivas sólo puede hacer dos cosas: con-juntar y dis-juntar. [...] Pero más amplias investigaciones muestran que estas dos actas, la conjunción y la separación, no juegan un papel igual en la actividad humana: una de estas funciones, el acto de juntar, la conjunción, es primera, la otra está siempre derivada y es resultante, el acto de separar, la disyunción. En la cognición como en otra parte, la conjunción es preliminar, la separación es siempre secundaria”.<sup>10</sup>

### **Para lograrlo, hay que trabajar hacia un pensar bien.**

*"Lograr para comprender y comprender para lograr"* decía Jean-Louis Le Moigne. Generalizamos esta fórmula con un Hacer más que un Lograr: “Hacer para comprender y comprender para hacer”. Y es para ejercitarse, con pasión, aunque no sea rentable inmediatamente, aunque esto no produzca métodos llave en mano, aunque no permita vincular su nombre a un programa informático o a un nuevo método, a estas reflexiones epistémicas, a esta ascesis intelectual que nosotros estamos invitados en permanencia.

Comprender para hacer, es reflexionar sobre la interpretación de nuestras prácticas, en nuestras intervenciones en los tejidos sociales, tratando de difundir conocimientos de los cuales no estamos seguros que sean sagrados, pero de los cuales estamos seguros que sólo contextualizados tienen sentido y que merecen ser tomados en referencia a nuestros proyectos... Que una reflexión epistemológica sobre la legitimación de las prácticas transdisciplinarias nos reconduce a una meditación sobre *“la ética de la comprensión”*, ¿esto debería sorprendernos? Es en todos casos uno de los principales desafíos de mi proceder científico.

---

<sup>10</sup> Alexandre Bogdanov "Essays in Tektology", p. 64 en la traducción inglesa.

## **Cómo desarrollar nuevas competencias en el aprendizaje tecnológico**

Josep Lobera

Global University Network for Innovation

### **La importancia de la innovación docente**

El libro blanco de la ANECA que identifica las competencias o capacidades que deben tener los ingenieros resalta en primer lugar 1) la resolución de problemas y 2) la toma de decisiones. Existe un fuerte consenso en definir a los ingenieros e ingenieras como aquellos profesionales que resuelven problemas (usando el ingenio, se acostumbra a añadir). Pues bien, muchos de los problemas a los que debemos hacer frente desde esta profesión son nuevos y alcanzan dimensiones globales: problemáticas ambientales, como cambio climático o nuevas sustancias contaminantes, retos interculturales, dilemas éticos y sociales, etc. Especialmente los retos más críticos o los que presentan mayor grado de incertidumbre no se conocían cuando se formaron los docentes que hoy enseñan la profesión, y han trascendido los límites locales o nacionales.

Se espera de los futuros ingenieros que sean capaces de discernir y hacer frente a estos y nuevos retos que surjan en el futuro, que sean capaces de desarrollar su actividad profesional en el contexto de su tiempo. Es importante que los alumnos sepan aplicar la ley de Gay-Lussac o la segunda ley de la termodinámica en el nuevo contexto del siglo XXI y no en el del siglo XIX. Sin embargo, la mayor parte de materias se siguen enseñando de manera similar a la que se enseñaban hace años o, en muchos casos, ignorando los retos de contexto a los que estará sometida la ingeniería en los próximos tiempos.

Decía Ortega en su clásica “Misión de la universidad” que las instituciones de educación superior han abandonado “casi por completo la enseñanza o transmisión de la cultura”, entendida como “el sistema vital de las ideas en cada tiempo”. Para el ilustre filósofo, “el nuevo bárbaro es principalmente el profesional, más sabio que nunca, pero más inculto también –el ingeniero, el médico, el abogado, el científico” (Ortega, 1930). Su crítica es afín a lo que 78 años después se reivindica en este documento –y en muchos otros: la vuelta a la comprensión de la cultura, a la comprensión del sistema vital de las ideas de nuestro tiempo, tan necesaria para el desarrollo del futuro profesional y ciudadano.

El estudiante tiene la capacidad, y la necesidad, de prepararse para participar activamente en las distintas dimensiones de la sociedad, a lo largo de sus años de formación. Como afirma Parejo (2008), debe dejar de ser instruido como un *idiota* en el sentido clásico del griego de *ιδιωτης*, en el que su actividad se fundamentaba sólo en vivir en la *polis* y ocuparse de sus tareas privadas e individuales sin participar en un proyecto común junto con los otros ciudadanos. Para ello, debe conocer y comprender “el sistema vital de las ideas de su tiempo”. Es necesario, así, incorporar la ética profesional (como plantea en este mismo documento M. Barceló), la competencias relacionadas con la diversidad (A. Aneas), con la sostenibilidad (D. Ferrer), el desarrollo humano (A. Pérez-Foguet), la transdisciplinariedad (A. Pena-Vega). Pero, ¿es posible desarrollar ese nuevo enfoque educativo en el seno de las carreras técnicas?

### **Un nuevo enfoque educativo: la tecnología en su contexto**

En nuestras enseñanzas técnicas, el enfoque educativo debe facilitar la comprensión de la tecnología en su contexto social, en oposición a la comprensión del funcionamiento de máquinas abstractas. El sociólogo Michael Apple (1992) señala que en nuestra sociedad, la tecnología es vista como un proceso autónomo, algo aparte y dotado de vida propia, independiente de intenciones sociales, poder, y privilegios. Examinamos la tecnología como si fuera algo en cambio constante, y a la vez algo que constantemente cambia nuestras vidas.

Como Apple, proponemos que debemos aproximarnos a la tecnología y a su enseñanza como un “texto” a ser “leído”, y por lo tanto, dotado de “contexto”.

La docencia de la tecnología debería basarse en la contextualización de ésta, de sus aplicaciones, implicaciones y casuísticas en el mundo real, preferiblemente conectando la experiencia previa de los alumnos a la discusión que se está llevando en clase. Estas “conexiones”, además de aportar una mayor motivación para el alumnado, consiguen mayores niveles de comprensión de la tecnología que se está estudiando. Una comprensión más compleja de la tecnología resultará de suma utilidad cuando el futuro profesional se encuentre en un contexto real en el que poder aplicar la tecnología, teniendo en cuenta sus consideraciones éticas, sus implicaciones sociales, medioambientales y culturales, para la diversidad y para el desarrollo humano sostenible; en definitiva, teniendo en cuenta el complejo entramado en el que está inserta la aplicación de la tecnología.

Mathews et al. (1988 citado en Barnett 1992) proponen la alfabetización tecnológica como la “capacity on the part of citizens to comprehend the essentials of technological design and the motives for change”. Los profesionales que trabajan con la tecnología deben, por lo tanto, comprender esto y más allá. En cambio, a menudo, su formación se centra únicamente en la comprensión de los diseños tecnológicos, no en los motivos del cambio tecnológico. Se olvidan así partes fundamentales de la tecnología: su relación con la sociedad, con la cultura, sus impactos en la política, en el medio ambiente (social y natural).

### **Sí, pero... ¿cómo?**

Las vías en las que los docentes pueden incorporar estos objetivos son diversas. Una de ellas es el análisis de un caso de estudio concreto, que pueda aportar elementos para la reflexión, ya sea en aspectos éticos, de diversidad, de sostenibilidad. Además del caso de estudio, los profesores pueden incorporar otras vías para facilitar el desarrollo de nuevas competencias desde el aprendizaje tecnológico, como las siguientes:

- las sesiones de debate y análisis sobre noticias de actualidad (de un aspecto estudiado en la asignatura y sus impactos sociales, medioambientales, etc.);
- un proyecto de final de módulo (personal o en grupo) que incorpore estos aspectos éticos, de diversidad y/o de sostenibilidad;
- el intercambio y debate sobre los proyectos de final de módulo;
- el trabajo con textos de refuerzo sobre alguna cuestión específica de los impactos sociales y/o medioambientales de la tecnología;
- la visita a instalaciones;
- el debate en clase con un experto en la resolución de un problema concreto de desarrollo humano, de sostenibilidad, ética, etc.;
- las metodologías participativas, basadas en debates a partir de los conocimientos e intereses del alumnado sobre estos aspectos.

Lo importante en las asignaturas no es que constantemente se esté hablando de estos aspectos, sino que en algún momento de la asignatura el alumno pueda vincular los aspectos tecnológicos con sus implicaciones sociales y medioambientales. Ese momento de vinculación abrirá ante el alumno una dimensión que anteriormente no había sido tratada y facilitará que vincule espontáneamente los aspectos tecnológicos en otras asignaturas y a lo largo de sus vida profesional.

Una investigación sobre la enseñanza de la tecnología llevada a cabo desde la Cátedra UNESCO de Sostenibilidad en la UPC muestra mejores resultados cuando el aprendizaje es significativo, dialógico e interconectado (Lobera, 2007):

- Relación entre el objeto de estudio y el contexto: Interconectada. La metodología educativa debería relacionar el objeto de aprendizaje con su contexto, con el que podríamos denominar el *ecosistema tecnológico*: los impactos positivos/negativos del objeto de estudio sobre el contexto local/global, sus diferentes usos, las oportunidades/amenazas que estos ofrecen, las culturas en las que se ha desarrollado la tecnología y en las que se usa, etc. El aprendizaje debe favorecer el desarrollo de un conocimiento y una mirada compleja, desde la sensibilidad con las interrelaciones de los diferentes aspectos sociales y tecnológicos.

- Relación entre el objeto y el sujeto: Significativa. La metodología debería favorecer la motivación y la apropiación del aprendizaje por parte del alumno. El alumno debe tener la capacidad de dibujar su recorrido de aprendizaje, desarrollar su autonomía en el proceso, decidir qué quiere aprender desde sus expectativas de aprendizaje iniciales e identificar los nuevos intereses que aparecen a lo largo del proceso. El universo vocabular utilizado en el proceso de aprendizaje debería estar basado en la cultura y los conocimientos previos de los alumnos.

- Relación entre los sujetos: Dialógica. La metodología debería crear espacios de comunicación argumentativa desde los conocimientos compartidos entre los participantes en un plano de igualdad. En ellos se desarrollan capacidades para la participación y el diálogo horizontal, así como un aumento de la confianza en los procesos de participación dentro del aula (para el aprendizaje), pero también fuera del aula (trabajo en equipo). Para lograrlo, se puede fomentar el aprendizaje desde la socialización, la discusión y el debate en torno la dimensión social/cultural de la tecnología, desde sus implicaciones en la cultura de los participantes.

El aprendizaje significativo solamente es posible, desde la perspectiva de Habermas, a través de una “participación libre y completa”. Los participantes son personas adultas con una larga experiencia de aprendizaje formal y no-formal a lo largo de su vida. Los modelos de enseñanza-aprendizaje que ellos han experimentado están basados en su mayor parte en la pedagogía memorística-repetitiva. La participación autónoma no es un elemento que ellos esperen encontrar. Sin embargo, los alumnos responden en su gran mayoría con una mayor implicación en las sesiones y una comprensión más rápida y efectiva.

### **La participación y el diálogo en el aprendizaje**

Tal y como han demostrado los estudios de De Charms (1984, citado en Zabala, 1999:97), las personas, ya sean adultas o niños, persiguen la experiencia de actuar autónomamente. Por esta razón, concluye, sólo se producen aprendizajes en profundidad “si el sujeto asume como propios los objetivos que hace falta lograr, lo que le hace sentir autónomo y no si asume aquellas metas obligado, lo que lo hace sentir como un títere” (Loc. cit.). Illich (1971) ha subrayado que en la escuela las personas aprenden a confiar en la opinión del maestro y no en sus propias opiniones. Esto prepara al individuo para aceptar una sociedad que proporcione programas y soluciones para todos los aspectos de la vida (Spring, 1978:55): “la voluntad está paralizada hasta que un experto prescribe o aprueba una acción”.

Este enfoque inhibitorio de la participación autónoma no prepara al estudiante para su futura actividad profesional. Si nuestro objetivo es desarrollar capacidades para la resolución de problemas, para la toma de decisiones complejas, para el trabajo en equipo, para hacer frente a las incertidumbres,... hará falta reorientar la práctica educativa hacia la participación y el aprendizaje autónomo, hacia el desarrollo de la confianza en el razonamiento propio, en el diálogo, en los procesos en grupo, en el aula participativa.

A medida que el proceso de enseñanza-aprendizaje se desarrolla, los participantes construyen significados nuevos en torno la tecnología desde su cultura. El aprendizaje significativo, dialógico e interconectado hace posible que los participantes integren la tecnología dentro del entramado de su cultura, y desde aquí orientar sus acciones incorporando los nuevos aprendizajes. La pedagogía de la pregunta y el diálogo favorece este tipo de aprendizaje. Se trata, en este sentido, de un “aprendizaje investigador”. La investigación significa una visión y actitud crítica. La simple transmisión no es suficiente.

El participante debe estar implicado en un proceso de reelaboración personal de los contenidos de su proceso de aprendizaje. Esta reelaboración se facilita a través del diálogo interpersonal y la pregunta generadora desde la facilitación. Desde la perspectiva de las necesidades de Max-Neef (1986), este enfoque educativo contiene satisfactores e implicaciones sobre el proceso de aprendizaje que no tienen cabida en los enfoques memorísticos, repetitivos y abstractos (Ver Tabla).

**Tabla.** El proceso y el objeto de aprendizaje respecto las necesidades universales de Max-Neef

|                               | <b>Autónomo/significativo</b>  | <b>Participativo/Dialógico</b>   | <b>Necesidades que encuentran satisfactores en el aprendizaje</b>   |
|-------------------------------|--|--|---|
| <b>Proceso de aprendizaje</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo / adaptación de las actividades por los participantes</li> <li>- Vinculación de la actividad y el aprendizaje con el entorno cotidiano</li> <li>- Mejor comprensión del sentido de la actividad</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Espacio de comunicación argumentativa</li> <li>- Construcción colectiva del conocimiento</li> <li>- Vínculos de trabajo recíprocos</li> <li>- Participación activa</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entendimiento (curiosidad, aprendizaje autodirigido, interpretar la cotidianidad,...)</li> <li>- Participación (discrepar, expresar, proponer,...)</li> <li>- Libertad (autonomía, escoger condiciones de trabajo,...)</li> <li>- Creación (autonomía, idear,...)</li> </ul>                 |
| <b>Objeto de aprendizaje</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- El objeto de aprendizaje tiene valor de uso para el alumno</li> <li>- Decide qué aprender y cómo</li> <li>- Existe una vinculación entre el objeto de aprendizaje y el alumno</li> </ul>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejor conocimiento del entorno</li> <li>- Nuevas dudas, nuevas motivaciones e intereses</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Identidad (elección de referencias de aprendizaje, aprendizaje reconocible en la cotidianidad...)</li> <li>- Ocio (espacios de encuentro, diversión,...)</li> <li>- Afecto (reciprocidad, compartir conocimiento,...)</li> <li>- Subsistencia (humor, solidaridad, autoestima...)</li> </ul> |

Fuente: Elaboración propia respecto a las necesidades sistematizadas por Max-Neef, Elizalde i Hopenhayn (1986)

Así, el nuestro debe ser un proceso de enseñanza-aprendizaje contextualizado en la diversidad, lejos de impulsar una homogeneización instructiva. El aprendizaje tecnológico debe facilitar la *apropiación* de la tecnología, y por lo tanto debe estar orientado según las características e intereses propios de cada participante. Cada alumno debe construir su propio aprendizaje. Partimos, pues, de la necesidad epistemológica de la opción por el diálogo, en lugar de un aprendizaje basado en sesiones de extensión de conocimientos, tan habituales en los estudios tecnológicos.



La introducción del EEES es una oportunidad para introducir nuevas metodologías docentes que faciliten el desarrollo de los conocimientos, actitudes y procedimientos identificados anteriormente. En este marco será necesaria una revisión y rediseño de los currículos en las universidades politécnicas con vistas a vincular los aspectos tecnológicos con sus dimensiones éticas, sociales y medioambientales. Aprovechar esta oportunidad para incorporar las nuevas metodologías docentes que faciliten el desarrollo de estas capacidades, tan necesarias en el quehacer profesional del siglo XXI, está en nuestras manos.

Hay que resaltar la importancia del “ejemplo del profesor” y su actitud a la hora de conectar la tecnología con sus implicaciones fuera del aula. Este ejemplo no requiere de largas horas de preparación docente, requiere tan sólo mostrar en el aula esa aproximación a los problemas tecnológicos, ese interés profesional.

### **Agradecimientos**

Quiero agradecer a Cristina Escrigas y Xavier Álvarez su apoyo, sin el cual este documento no hubiera sido elaborado.

### **Referencias**

- Apple, M. (1992) Is the new technology part of the solution or part of the problem in education? En: Beynon, J. y Mackay, H. (1992) Technological literacy and curriculum. Falmer press
- Barnett, M. (1992) Technology, within the national curriculum and elsewhere. En: Beynon, J. y Mackay, H. (1992) Technological literacy and curriculum. Falmer press
- Illich, I. (1971) Deschooling society. NY: Harper & Row.
- Lobera, J. (2007) Tirant del fil de la tecnologia: La sostenibilitat activa des de l'aprenentatge tecnològic. Jornada "L'Estat de la Recerca en Educació per a la Sostenibilitat a Catalunya", Xarxa de Recerca Edusost. Barcelona, 28 de juny.
- Max-Neef, M.A., Elizalde, A. i Hopenhayn, M. (1986): Desarrollo a escala humana. Rev. Development dialogue. Santiago de Chile, CEPUR y Fundación Dag Hammarskjöld. Montevideo, Ed. Nordan-Comunidad.
- Parejo, J.L. (2008) Los estudiantes: los idiotas en las universidades españolas. Comunicación presentada a GUNI, enero 2008. Sin publicar.
- Spring, J. (1978) Introducción a la educación radical. Akal editor.
- Zabala, A. (1999) Enfocament globalitzador i pensament complex. Ed. Graó. Barcelona



## **Aprender mediante la cooperación**

*Joan Domingo*

Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona (EUETIB)

Universidad Politécnica de Cataluña

joan.domingo@upc.edu

### **RESUMEN**

El trabajo cooperativo es una potente herramienta al servicio de la docencia. Con esta herramienta es posible ir más allá, no obstante, de lo meramente académico puesto que permite incidir en la formación para la ciudadanía global, imprescindible para el mundo en el que vivimos. En esta comunicación se presentan algunas reflexiones que fundamentan la utilidad del aprendizaje cooperativo para el futuro común y expresan evidencias de sus ventajas.

Cooperar es algo que puede vehicularse de muchas formas; a menudo se refiere a actuaciones mayormente unidireccionales en forma de ayudas. La propuesta que desde esta comunicación se hace es en sentido completamente bidireccional en un claro plano de igualdad a partir del trabajo común entre estudiantes de distintos países.

### **Introducción**

Uno de los retos que se tiene desde la enseñanza universitaria es la formación de profesionales pero cada vez es más imperativo que dichos profesionales sean, a la vez, ciudadanos. El concepto de ciudadano entendido desde la óptica de personas que, más allá de su desempeño profesional, sean capaces de tener una actitud proactiva en un entorno completamente tecnificado y globalizado. Se puede ser culto y educado sin ser arquitecto, por ejemplo, pero no se debería poder ser arquitecto sin ser culto y educado [FOL 2007].

Desde principios del siglo XX se viene utilizando el trabajo cooperativo como una metodología que ha demostrado su eficacia en la docencia. Normalmente es más fácil encontrar su uso en la enseñanza primaria y secundaria pero no ha sido hasta la última década del siglo XX que se ha incorporado como método habitual en la enseñanza universitaria de la mano de un grupo de pedagogos y psicólogos sociales, básicamente de la influencia anglosajona.

Desde el año 2000, un importante grupo de profesores [GIA 2007] estamos utilizando el trabajo cooperativo con nuestros estudiantes de ingeniería con muy buenos resultados. Junto con un colectivo cada vez mayor de docentes, tanto de nuestra Universidad como de otras de todo el país, tanto en ingeniería como en una extensa abanico de titulaciones, hemos estado practicando y observando la bondad de esta metodología como base para que nuestros estudiantes aprendan, además de ingeniería, otras habilidades no menos importantes como son el trabajo en equipo.

Con el trabajo en equipo se aprende a organizar la tarea, a depender unos de otros de forma que se perciba claramente que se necesitan: o nadan juntos o se ahogan juntos. Son, además, responsables frente a sí mismos así como al grupo y al profesor. Deben trabajar juntos, en la distancia corta para poder mejor comprender el sentido de sus palabras y ver el efecto de las mismas sobre los demás. Deben desarrollar una cantidad importante de habilidades sociales derivadas de la convivencia con los demás en la consecución de objetivos comunes en tiempos determinados. Y deben ser capaces de analizar su propia efectividad como grupo a la vez que establecer mecanismos sistemáticos de revisión y mejora tanto de las relaciones personales como de su capacidad para generar resultados de calidad, satisfactorios para todos, en plazos razonables.

Estos elementos, que son la base del trabajo cooperativo, son clave para nuestros titulados puesto que deben propiciar, desde su posición social y laboral, entornos amigables en los que los valores humanos estén tan presentes como los valores meramente tecnológicos. Con esta forma de trabajar, mientras están en nuestras aulas, tenemos la convicción de que contribuimos a su futuro como técnicos y al nuestro como responsables de la formación de un segmento social con mucha responsabilidad en su toma de decisiones diaria como profesionales. Las alternativas al trabajo en cooperación son el trabajo individualista y el competitivo; ninguno de ambos nos parece razonable ni satisfactorio para un mundo a menudo vacío de valores humanísticos. De todo ello trata esta comunicación.

### **El sentido cooperativo**

Cooperar siempre tiene sentido. Tenemos la convicción que tan sólo cooperando vamos a poder progresar, progresar en sentido amplio. Las alternativas a cooperar son competir o ser individualistas. Ser individualistas en un mundo globalizado es poco menos que una utopía; sólo es cuestión de tiempo que, aquellos que pretenden fundamentar su progreso en la autosuficiencia se vean abocados al fracaso puesto que vivimos en un mundo interdependiente. Por ejemplo, por lejos que quede China, notamos sus efectos desde los productos de consumo hasta el cambio climático pasando por la manufactura de materias de todo tipo. No tiene sentido basar el futuro en el individualismo. Cae fuera de toda lógica. Si se trata de competir, es sólo cuestión de tiempo darse cuenta de que nunca hay un vencedor y un perdedor: todos pierden antes o después. Las victorias son tremendamente efímeras y no conducen sino que al descontento de no poder ganar siempre. Las tendencias al alza no pueden mantenerse indefinidamente en sentido creciente puesto que, en algún momento, alguien nos superará. Y ello nos llevará a un descontento superior a la satisfacción producida por el éxito.

El éxito real, el que tiene futuro a largo plazo, es aquel en el que no hay vencedores ni vencidos, el que tiene en cuenta a los demás y sus distintas realidades. El futuro pasa, según nuestra convicción, por cooperar. En un escenario de cooperación pierden fuerza los conceptos de ganar y perder puesto que todos ganamos y es difícil que nadie pierda. Es un escenario en el que el individualismo no cabe, así como no tienen cabida sus supuestas ventajas y sus evidentes inconvenientes.

La cooperación debe darse en todos los ámbitos puesto que habitamos el mismo planeta y compartimos el mismo futuro a largo plazo. El futuro no es algo que, razonablemente, puedan construir unos pocos puesto que debe ser un espacio en el que todos tengan cabida y que, en consecuencia, solamente es posible construirlo desde el acuerdo, el consenso, el respeto y el compartir aquello que cada cual tenga.

El futuro está basado en el desarrollo hacia una sociedad más justa y sostenible; frente a esta afirmación es dudoso encontrar objeciones. Pero el concepto de sociedad justa debe estar en equilibrio con el mismo concepto de justicia que los diferentes colectivos sociales entiendan, a partir de unos preceptos básicos comunes de respeto a la diversidad, a la multiculturalidad y al medioambiente.

A menudo los desacuerdos entre culturas procede de la formación recibida por los ciudadanos, heredera, en todos los casos de las diferentes situaciones históricas vividas por cada una de ellas. Quizás el futuro pase por acercar las culturas a partir de acercar la formación de sus gentes. Cooperar entre culturas es un elemento fundamental para la construcción de este futuro que, cada vez, es más cercano a causa del fulgurante y rápido aumento de la capacidad de comunicación entre los pueblos. Una noticia que pasa en una parte del mundo tarda minutos en propagarse a todo el globo y las distancias que, hasta no hace muchos años eran enormes se han reducido gracias a los medios de comunicación y a la bajada espectacular de los costes. Por un

precio razonable, uno, puede estar en cualquier parte del mundo en horas y comunicarse con cualquier persona, esté donde esté, en cuestión de minutos o segundos.

Tomar la tecnología como soporte a la cooperación es algo que no debemos dejar escapar porque es una pérdida de oportunidad, grave. Es muy posible que, problemas a los que hoy nos enfrentamos y que mañana pueden ser irreversibles, podrían mejorarse drásticamente o al menos sensiblemente si la distancia entre las personas se redujera de la mano de una tecnología que, desde hace un tiempo, ya está al alcance de muchas personas.

El sentido cooperativo es aquel que las personas tienen adicional al de ser educados, respetuosos, tener una orientación al trabajo bien hecho, a la calidad, ... es una actitud. Y las actitudes, al igual que las competencias y las habilidades, hay que desarrollarlas mediante un proceso que se denomina, históricamente, educación. Ser cooperativo es ser social y ya existe una predisposición del ser humano a ser social. Y por tanto a ser cooperativo. Pero al igual que otras actitudes que, debidamente canalizadas, se potencian en las personas, la cooperación es algo que aumenta cuando se trabaja y se cuida específicamente.

### **Porque trabajo cooperativo**

Sabemos por la literatura al efecto y por nuestra propia experiencia que cuando una persona trabaja con otros tiende a aumentar su empatía y su amplitud de miras. También sabemos que hay habilidades interpersonales como la negociación, el consenso, el respeto, la capacidad para comprender los puntos de vista de los demás, argumentar estructuradamente y de forma lógica y coherente los propios, expresarse con corrección, criticar sin herir, etc. que se obtienen con el tiempo si se tiene la ocasión de practicarlos. Este tipo de personas son las que tienen la capacidad para tratar con los demás creando espacios comunes en los que, todos ellos, sin excepción, se sientan cómodos.

Nuestra experiencia con estudiantes universitarios ha dado muy buenos resultados en la consecución de estos aspectos y nuestra satisfacción ha sido grande al ver que sus capacidades académicas se mantenían a la vez que aumentaba su capacidad personal. El trabajo cooperativo es un elemento con un futuro al alza y que no deberíamos dejar escapar.

Los estudiantes que trabajan (aprenden) juntos, se implican más activamente en el proceso de aprendizaje [CUS 1996] puesto que las técnicas de aprendizaje cooperativo permiten a los estudiantes actuar sobre su propio proceso de aprendizaje, implicándose más con la materia de estudio y con sus compañeros. Además, el aprendizaje cooperativo facilita la implicación de TODOS los estudiantes, en contraposición con otras técnicas que a menudo no consiguen más que la participación de un número reducido, que acaban dominando la sesión. Asimismo, capitaliza la capacidad que tienen los grupos para incrementar el nivel de aprendizaje mediante la interacción entre compañeros. La investigación muestra que los alumnos pueden tener más éxito que el propio profesor para hacer entender ciertos conceptos a sus compañeros. La razón fundamental de este hecho es que los compañeros están más cerca entre sí por lo que respecta a su desarrollo cognitivo y a la experiencia en la materia de estudio. La investigación muestra también que no sólo el compañero que aprende se beneficia de la experiencia. También el estudiante que explica la materia a sus compañeros consigue una mayor comprensión. Otra ventaja es que reduce el nivel de abandono de los estudios y que promueve el aprendizaje independiente y autodirigido. La capacidad para aprender de forma autónoma durante toda la vida es uno de los requisitos que con más insistencia se señalan como esenciales para tener éxito en la sociedad del siglo XXI. El aprendizaje cooperativo permite que los estudiantes trabajen de forma independiente y que asuman responsabilidades en su propio proceso de aprendizaje. También promueve el desarrollo de la capacidad para razonar de forma crítica, facilita el desarrollo de la habilidad para escribir con claridad.

El trabajo en grupo ofrece a los estudiantes la oportunidad de escribir para una audiencia que habla su mismo lenguaje. Cuando los estudiantes escriben para los profesores, con frecuencia, lo hacen de forma poco natural y forzada. La escritura para los compañeros es el primer paso para el desarrollo de una escritura más académica. Además, facilita el desarrollo de la capacidad de comunicación oral puesto que el miedo a hablar en público, que muchos estudiantes manifiestan, puede dificultar el desarrollo de su capacidad de expresión oral. El trabajo cooperativo en grupos pequeños puede ofrecer un escenario más confortable y amigable para dar los primeros pasos. También incrementa la satisfacción de los estudiantes con la experiencia de aprendizaje y promueve actitudes más positivas hacia la material de estudio; este hecho se ha demostrado sobre la base de encuestas de satisfacción de los estudiantes. Además, se ha visto que cuando los estudiantes hacen un curso en el que se promueve la interacción entre compañeros aumenta la probabilidad de que elijan asignaturas optativas de la misma materia. Asimismo, permite acomodar los diferentes estilos de aprendizaje de los estudiantes de hoy día; la investigación ha demostrado que ciertos colectivos de estudiantes tienen un rendimiento académico mayor cuando se utiliza el aprendizaje cooperativo.

Facilita un mayor rendimiento académico en las áreas de matemáticas, ciencia y tecnología y permite la preparación de los estudiantes como ciudadanos. El aprendizaje cooperativo motiva a los estudiantes a perseguir objetivos comunes, y estimula a que se preocupen más por los demás, en contraposición con una actitud más individualista y egocéntrica. Es una pedagogía para la democracia, que otorga el poder a los estudiantes y no tanto a una figura autoritaria (el profesor). Además, permite desarrollar habilidades de carácter cívico, como son: dialogar, adoptar múltiples perspectivas de las cosas, juzgar y actuar de forma colectiva en asuntos de interés común. También permite desarrollar la capacidad de liderazgo. A pesar de ser uno de los objetivos de aprendizaje más habituales, no es frecuente ver planes docentes concretos para el desarrollo de la capacidad de liderazgo. Algunas de las características del aprendizaje cooperativo están en sintonía con el concepto moderno de liderazgo, que enfatiza la cooperación, el liderazgo de equipos y el reconocimiento de múltiples perspectivas.

Finalmente, prepara a los estudiantes para el mundo del trabajo actual. Una buena parte de las compañías actuales más exitosas se basan en la utilización de equipos humanos que se autogestionan. Estos equipos son grupos de empleados interdependientes que pueden autorregular e integrar sus esfuerzos para desarrollar una determinada tarea. No obstante, estas compañías indican que han de dedicar un tiempo importante de entrenamiento “on-the-job”, porque los titulados que contratan presentan carencias en su capacidad para trabajar en grupo. El aprendizaje cooperativo representa una pedagogía consistente con este contexto laboral que encontrarán los estudiantes al titularse.

### **Distinción entre el trabajo en grupo y el trabajo en grupo cooperativo**

Hablamos indistintamente de “trabajo en grupo” y de “trabajo en equipo” como de la misma cosa aunque, formalmente, existan matices diferenciales: no siempre que se junta a un grupo de personas para alcanzar un fin común se trabaja en equipo. Para que el trabajo sea en equipo debe haber roles. No es comprensible un equipo de fútbol en el que cada jugador no tenga un rol definido dentro del campo. Así, está el portero, el delantero, el defensa, etc. Justamente esta distribución de papeles convierte a un grupo de futbolistas en un equipo.

Actualmente, en las diferentes organizaciones, trabajar en equipo no es una opción sino la única forma de trabajar si queremos adaptarnos a las demandas y a las necesidades de la sociedad. El trabajo en equipo valora la interacción, la colaboración y la solidaridad entre sus miembros así como la negociación para llegar a acuerdos y hacer frente a posibles conflictos. Los modelos de trabajo individualistas sólo dan prioridad al logro de manera individual y, por tanto, la competitividad, la jerarquía y la división del trabajo en tareas minúsculas hace que se pierda el sentido de lo que se está haciendo, desmotive a las personas y no siempre resulten eficientes,

aún cuando hay algunas profesiones (como por ejemplo, traductor o artista) en las que el resultado sea eficiente.

El trabajo en equipo se caracteriza por la comunicación fluida entre las personas, basada en relaciones de confianza y de soporte mutuo. Se centra en las metas trazadas en un clima de confianza y de apoyo recíproco entre sus integrantes, donde los movimientos son de carácter sinérgico. Se verifica que el todo es superior al aporte de cada una de las partes redundando ello, en última instancia, en la obtención de mejores resultados. Por tanto, al hablar de trabajo en equipo hay que hacer referencia a aspectos como la comunicación interpersonal, la capacidad de escuchar, la confianza, la toma de decisiones en común, la resolución de conflictos, etc. y, en suma, todo aquello que comportan las relaciones humanas.

Un equipo es un conjunto de personas que trabajan para alcanzar un fin común mediante acciones colaborativas. Hay que poner especial atención en formar equipos de personas que no comparten un objetivo común y que su agrupación es forzosa. El equipo lo será en la medida que todos sus componentes se comprometan con una finalidad común que solamente se pueda lograr con el trabajo complementario e independiente de todos sus componentes. Para que un grupo de personas sea un equipo se deben dar, al menos, tres condiciones:

- a) Ser un grupo estructurado (con roles) con unos objetivos claros, conocidos y compartidos por todos, con los que se identifican todos los componentes del grupo.
- b) Que exista interdependencia, esto es, que se necesiten unas a otras y que reconozcan esta necesidad mutua de cara a lograr el objetivo común.
- c) Que exista un coordinador que asuma el liderazgo institucional del grupo (este es un cargo que puede ser electo, por rotación, por designación o una mezcla de todos ellos). Este coordinador debería preparar las reuniones, proporcionar recursos, crear las mejores condiciones para trabajar, gestionar las decisiones y hacer un seguimiento de las mismas así como de los plazos y resultados. Debe proveer a todos los componentes del equipo de los productos resultantes del trabajo en grupo.

Para todo ello es importante que un equipo utilice técnicas preexistentes de trabajo en grupo puesto que, de no ser así, se corre el riesgo de utilizar técnicas individualistas que conviertan en improductivo cualquier esfuerzo común. El estudio sistemático de documentos, el análisis de proyectos, el estudio de casos, la tormenta de ideas, los diagramas de causa-efecto, los diagramas de Pareto, las puestas en común, las discusiones de ideas, las decisiones por consenso, etc. son técnicas a tener en cuenta. Las fases del proceso de un trabajo en equipo deben ser las siguientes:

1. Constitución del equipo. Algunos criterios podrían ser grupos heterogéneos de entre 3 y 5 personas.
2. Pequeñas sesiones para aprender a trabajar en grupo y elementos básicos afines.
3. Presentación del tema de trabajo (impuesto, escogido, etc.) y formulación de los acuerdos y compromisos de cada componente del grupo.
4. Reparto de roles (responsabilidades) y tareas. Debe haber un coordinador.
5. Planificación del proceso<sup>11</sup> teniendo en cuenta las tareas y los plazos.
6. Reuniones de trabajo en las que se tenga en cuenta su duración, las puestas en común, el respeto y su valoración de resultados.
7. Reuniones con el/la profesor/a. Son las tutorías grupales que el/la profesor/a debería preparar cuidadosamente. Son los puntos de test del progreso de los equipos tanto en su componente de competencia específica (el producto que están elaborando) como de competencia genérica (qué tal están desarrollando el trabajo en grupo, la resolución de

---

<sup>11</sup> Atención: planificar tareas y gestionar tiempo son competencias genéricas instrumentales que se añaden a la sistémica de trabajo en grupo. Así, trabajando en equipo, se despliegan más competencias además de ésta. Puede, por tanto, tomarse esta competencia como de rango superior puesto que incluye otras.

conflictos, la planificación del tiempo, el grado de consenso en las decisiones, el grado de satisfacción de cada componente, el liderazgo que lleva a cabo el coordinador, etc.). Se deben evaluar todos estos conceptos y, por tanto, hay que tener muy bien preparado el seguimiento.

8. Evaluación y puesta en común con el resto de la clase. Cualquier trabajo en grupo se debe evaluar en su conjunto como producto del grupo pero también se debe evaluar a cada componente del grupo de forma individual en relación al trabajo conjunto. Esta evaluación puede comportar la valoración de los demás grupos en un proceso de coevaluación a la vez que puede convertirse en una exposición oral o escrita en idioma nativo o en lengua extranjera<sup>12</sup>.

### **Consideraciones finales**

Parece imprescindible que existan algunos elementos de ampliación del concepto de trabajo cooperativo puesto que nada prescribe que el grupo deba compartir, completamente, el concepto de cercanía física. Es del todo deseable que se puedan formar grupos de personas cercanas (sin que ello implique cercanía física). Puede ser del mayor interés compartir materiales didácticos entre estudiantes de una misma titulación y nivel pertenecientes a universidades distintas de países distintos. Ello solamente debería pasar por el acuerdo entre profesores, en primera instancia, y entre centros docente o universidades en segunda.

Si los estudiantes de un país pueden compartir grupo con estudiantes de otro país, aprovechando las ventajas de la tecnología y de las comunicaciones, existe una ganancia por todas las partes, y ninguna pérdida. Poder cursar una materia con los materiales y puntos de vista de dos profesores solamente puede llevar al enriquecimiento de los estudiantes de ambos. El tema académico, debe verse reforzado con elementos culturales, geográficos, humanísticos, sociales, etc. para que el efecto perseguido se acuse con mayor rigor. Y con ello, sin duda de ningún género, es posible imaginar un futuro de mayor entendimiento global nacido de la voluntad de las partes.

### **Referencias**

- [1] Ramon Folch, “El lío de Bolonia”, diario El Periódico de Catalunya de 5 de diciembre de 2007
- [2] GIAC, Grupo de Interés en Aprendizaje Cooperativa del Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). <http://giac.upc.edu>
- [3] Joseph B. Cuseo “Cooperative Learning: A Pedagogy for Addressing Contemporary Challenges & Critical Issues in Higher Education”. Marymount College. New Forums Press 1996

---

<sup>12</sup> Expresión oral y escrita e idioma extranjero son otras competencias instrumentales que se pueden añadir a la lista de subcompetencias derivadas de la de trabajo en equipo.



# **Parte II**

## **Propuestas docentes**



## El comercio justo en la docencia de la microeconomía

Anna Escuer Costa\*, Lucas van Wunnik\*\*

Departament d'Organització d'Empreses  
Universitat Politècnica de Catalunya  
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona  
Avda. Diagonal 647, planta 7; 08028 Barcelona  
anna.escuer@gmail.com \*, lucas.van.wunnik@upc.edu \*\*

### Contexto

El comercio justo es un tema de actualidad que interesa a una parte de la población de cada vez más importante. Se trata de una iniciativa que pone de manifiesto la necesidad de ayudar a los productores de los países más desfavorecidos mediante la compra de artículos a un precio considerado “justo”, el cual permite a dichos productores tener un nivel de vida “digno”. Concentrándonos en el caso del café solidario – el producto por excelencia del comercio justo<sup>13</sup> – introducimos este tema en dos asignaturas:

- Economía y Organización Industrial (Ingeniería Química)
- Análisis del Entorno Económico de la Empresa (Ingeniería Industrial).

**Tabla 1:** Ficha de las dos asignaturas

|              |   |
|--------------|---|
| Universidad  | Universitat Politècnica de Catalunya              |
| Centro       | 240 E.T.S d'Enginyeria Industrial de Barcelona    |
| Titulación   | Ingeniería Química                                |
| Departamento | 732 Organización de empresas                      |
| Asignatura   | 24769 Economía y Organización Industrial (4º, Q7) |
| Créditos     | 6 (troncal)                                       |
| No. Alumnos  | 30-50   |

|              |   |
|--------------|---|
| Universidad  | Universitat Politècnica de Catalunya                        |
| Centro       | 240 E.T.S d'Enginyeria Industrial de Barcelona              |
| Titulación   | Ingeniería Industrial                                       |
| Departamento | 732 Organización de empresas                                |
| Asignatura   | 23459 Análisis del Entorno Económico de la Empresa (3º, Q6) |
| Créditos     | 6 (optativa, especialidad gestión)                          |
| No. Alumnos  | 80-100  |

Nuestro objetivo es triple: (1) sensibilizar el alumnado sobre la situación de los pequeños productores de café en los países en desarrollo<sup>14</sup>, (2) analizar algunos factores que pueden explicar esta situación y, principalmente, (3) fomentar una discusión sobre las acciones que se pueden emprender aquí, en los países ricos, para intentar mejorar la situación de dichos productores. En otras palabras, se trata de reflexionar, basándonos en el caso del café solidario, sobre la cuestión de si el comercio justo es una vía eficiente de ayuda a los pequeños agricultores de los países en desarrollo. Como lo escribe N. G. Mankiw (2006):

*“Cuando ayudamos a los demás, tenemos que actuar de la manera más eficiente posible para ser capaces de proveer el mayor bien al mayor número de personas. ¿El café solidario hace eso?”*

<sup>13</sup> En este capítulo utilizamos indiferentemente los términos comercio justo y café solidario.

<sup>14</sup> En el mundo hay unos 25 millones de agricultores de café. 70% de la oferta mundial de café está proporcionada por agricultores cultivando menos de 10 hectáreas en 80 países en África, Asia y América Latina (FLO International, 2007; OXFAM, 2001).

Antes de seguir, precisemos que no somos expertos en el tema del comercio justo y de la cooperación al desarrollo y que el único objetivo de esta aplicación es hacer reflexionar al alumnado sobre una acción de cooperación.

#### *Dos carreras y dos asignaturas*

##### *La asignatura de “Economía y Organización Industrial” en Ingeniería Química*

La ingeniería química es un área básicamente aplicada con carácter interdisciplinario. La carrera de ingeniería química está enfocada a la formación de profesionales capaces no sólo de aplicar conocimientos de química e ingeniería en la industria, sino también de tener una visión general y la capacidad de análisis de su entorno socio-económico.

Dentro de esta titulación, el objetivo de la asignatura de “Economía y Organización Industrial” es presentar, de manera general, las nociones básicas de contabilidad, los indicadores macroeconómicos (PIB, IPC, etc.) y los principios de microeconomía (oferta y demanda, diferentes estructuras de mercado, etc.).

El número de alumnos matriculados varía, según el cuatrimestre, entre 30 y 50 alumnos. Dos profesores imparten esta asignatura: uno se encarga de la primera parte (contabilidad e indicadores macroeconómicos) y el otro de la segunda parte (microeconomía).

##### *La asignatura de “Análisis del Entorno Económico de la Empresa” en Ingeniería Industrial (especialidad gestión)*

La titulación de ingeniería industrial consta de una base científico-tecnológica amplia que trata de proporcionar al alumno capacidades como la adaptabilidad y capacidad de resolución de problemas en todo tipo de ámbitos industriales. La especialización en gestión tiene como objetivo dar los conocimientos complementarios que permitan afrontar y resolver los problemas de gestión y organización que se presentan en el funcionamiento de los sistemas productivos complejos.

Dentro de esta intensificación, la asignatura “Análisis del Entorno Económico de la Empresa” muestra las influencias sobre la empresa que ejerce el entorno en el que desarrolla su actividad (entorno político-legal, entorno macroeconómico, entorno socio-cultural entorno tecnológico y entorno sectorial (o específico) de la empresa).

El número de alumnos matriculados varía, según el año, entre 80 y 100 alumnos distribuidos en dos grupos. Dos profesores imparten esta asignatura: uno se encarga de la primera parte (el entorno general y estrategia de la empresa) y el otro de la segunda parte (microeconomía).

#### *La economía: una “caja de herramientas”*

Pensamos, como S. Levitt y S. Dubner (2005), que la ciencia económica es esencialmente una “caja de herramientas” con conceptos, funciones y gráficos, que ayudan a entender un poco mejor el mundo económico que nos rodea<sup>15</sup>. En la misma línea, J. M. Keynes<sup>16</sup> escribió:

*“(La teoría económica) es un método más que una doctrina; es un instrumento de la mente, una técnica de pensamiento que ayuda a su poseedor a sacar conclusiones correctas.”*

---

<sup>15</sup> “(...) the science of economics is primarily a set of tools, as opposed to a subject matter (...)” (Levitt y Dubner, 2005).

<sup>16</sup> Citado en Heyne (1991: p. 4).

De acuerdo con este enfoque de la ciencia económica, nuestras asignaturas tienen como objetivo ofrecer al alumno:

- (1) un *vocabulario económico* (por ejemplo, oferta y demanda, elasticidad-precio de la demanda, PIB, IPC, etc.);
- (2) unos *modelos económicos* (funciones y gráficos) para entender relaciones causa-efecto en la economía.

En ambas asignaturas tratamos de realizar aplicaciones prácticas para mostrar a los alumnos la utilidad de estas herramientas. Es decir, queremos mostrar que pueden ser adecuadas para analizar y ayudarnos a opinar sobre hechos y acontecimientos. Por aplicación práctica entendemos la utilización de modelos, gráficos o conceptos para estudiar un hecho (por ejemplo, la fijación del precio de un concierto, la ayuda al alquiler de 210€ propuesta por el gobierno de Zapatero o la difícil erradicación del cultivo de la hoja de coca en América del Sur).

Se ha escogido el tema del comercio justo, y, más particularmente, el del café solidario (es decir, el café de comercio justo), porque es un tema de cooperación internacional que se puede modelizar con las herramientas de la teoría microeconómica.

### *El comercio justo*

#### *¿Qué es el comercio justo?*

El comercio justo es una forma alternativa de comercio promovida por varias organizaciones no gubernamentales que tiene como finalidad que los pequeños productores más desfavorecidos y marginados obtengan un precio justo por sus productos. La FINE, la plataforma que agrupa las cuatro grandes organizaciones internacionales de comercio justo (*Fairtrade Label Organizations International*, *International Fair Trade Association*, *Network of European Worldshops*, y *European Fair Trade Association*), define el comercio justo como sigue:

*“El Comercio Justo es un partenariado comercial, basado en el diálogo, la transparencia y el respeto, que busca una mayor equidad en el comercio internacional. Contribuye a un desarrollo sostenible ofreciendo mejores condiciones comerciales a los productores y trabajadores marginados, especialmente en el Sur, y asegurándoles sus derechos. Las Organizaciones de Comercio Justo, apoyadas por los consumidores, están implicadas activamente en el apoyo a los productores, y en la sensibilización y el desarrollo de campañas para conseguir cambios en las reglas y prácticas del comercio internacional convencional.”<sup>17</sup>*

Aunque las campañas de comercio justo nacieron en los años 1960, es curioso constatar que la noción de precio justo es una noción antigua que ya existía en la Edad Media. Según los teólogos de entonces el precio justo era un precio *“que incluye lo suficiente para pagar un salario justo al trabajador – es decir, suficientemente elevado para que pueda mantener el nivel de vida de la clase a la cual pertenece”* (O’Brien, 2001: p. 62). Hoy en día, la definición que dan las organizaciones no-gubernamentales del precio justo es muy similar a ésta:

*“El precio mínimo de garantía es aquel que se paga a las organizaciones de pequeños productores tomando en cuenta todos sus costos de producción, incluyendo el ingreso familiar que les permita un nivel de vida digno”* (Comercio Justo México, 2007).

---

<sup>17</sup> Definición en Wikipedia (<http://en.wikipedia.org/wiki/Fair-trade>).

Para el café, el producto del comercio justo en el cual nos centramos en las clases, este precio justo o precio mínimo de garantía fue fijado, en 1998, por la *Fairtrade Label Organization* en US\$1,26 la libra de café verde arábica y en US\$1,11 la libra de café verde robusta. Estos precios no han variado desde entonces (Ghillani, 2006; FLO International, 2007).

### *El crecimiento del comercio justo*

Las ventas totales a nivel mundial de productos de Comercio Justo (café, plátanos, té, cacao, algodón, miel, azúcar, etc.) ascendieron en 2006 a 1.609 millones de euros y beneficiaron a más de 7 millones de personas en los países en desarrollo (FLO internacional, 2007). En Europa, en los últimos cinco años se ha incrementado en un 150% la venta de estos productos. En países como Suiza, los Países Bajos o el Reino Unido, la cuota de mercado de los productos de comercio justo empieza a ser relativamente importante. En Suiza, las ventas de plátanos de comercio justo supusieron en 2004 el 47% de las ventas totales de plátano. En ese mismo año, la cuota del mercado del café solidario fue del 20% en el Reino Unido y del 6% en Suiza. En el resto de los países europeos, la cuota del mercado del café solidario no superó el 2,3% (FLO International, 2005).

En España, el comercio justo es todavía incipiente. En 2005, cada habitante de España gastó 0,35€ en productos de comercio justo, mientras que la media de los 15 países de Europa occidental con estructuras de comercio justo era de 2,32€ (SETEM, 2006).

Una de las razones del gran incremento de ventas en Europa es el cambio gradual en la comercialización de los productos de comercio justo: mientras que antes la mayor parte se distribuía en tiendas solidarias, ahora se venden cada vez más en establecimientos no especializados, es decir, grandes almacenes, tiendas convencionales, etc.

### *El consumo como forma de actuación*

El consumo puede verse no sólo como un elemento más de la economía o de la vida cotidiana, sino también como un instrumento de actuación. Gracias al consumo, el consumidor puede expresar su opinión, sus deseos, sus preferencias o sus desacuerdos (ver, por ejemplo, el boicot a Shell por su intención de hacer hundir la plataforma petrolera Brent Spar). Algunos incluso afirman que, en los países ricos, el voto del consumidor tiene más impacto que el voto del ciudadano en las urnas:

*“Cada vez más, la manera más efectiva de hacer política no es registrar sus propias demandas y deseos en las urnas, donde el voto depende del proceso de representación, sino de hacerlo en el supermercado donde un dólar gastado o retenido puede, cumulativamente, llevar al fin deseado (...)”* (Hertz, 2002: p.147).

El comercio justo es un ejemplo de este tipo de voto. Se trata de un consumo que permite expresar intenciones – el apoyo a productores pobres – cada vez que se realiza una compra de productos de comercio justo. Pero, como se pregunta *The Economist* (2006), “¿se puede realmente cambiar el mundo simplemente comprando ciertos alimentos (u otros productos)?”

**Tabla 2:** Esquema resumen de la introducción del tema del café solidario en la asignatura

| OBJETIVOS   | METODOLOGÍA  | SISTEMA DE EVALUACIÓN   | TEMPORALIZACIÓN  |
|---|--|---|--|
| <p><b>CONCEPTUALES:</b><br/>Entender mejor los conceptos y modelos teóricos de la microeconomía con aplicaciones relacionadas con el mercado del café y el comercio justo.</p>  | <p>Aplicaciones de herramientas teóricas sobre el mercado del café y el tema del café solidario</p> <p>Ejercicios sobre el mercado del café y el tema del café solidario</p>   | <p>Evaluación del trabajo final del alumno sobre un tema de discusión</p> | <p>Las actividades relacionadas con este tema están distribuidas a lo largo de la parte de microeconomía de la asignatura (ver temporalización)</p> <p>Al final del curso, hay una sesión (2 horas) sobre el tema del café solidario en la cual se debate sobre diferentes temas de discusión. Durante la segunda hora se intenta conseguir la participación de un responsable de comercio justo de una ONG para debatir sobre las dudas y reflexiones de los alumnos.</p> |
| <p><b>ACTITUDINALES:</b><br/>Ser capaz de analizar objetivamente una problemática</p> <p>Sensibilizar al alumnado sobre una problemática de los países en desarrollo</p>  | <p>Realización de encuestas a los alumnos</p> <p>Realización de un trabajo por parte del alumno con artículos de apoyo</p> <p>Realización de un debate en clase en torno a diferentes temas de discusión relacionados con la acción de cooperación a través del café solidario</p> |   |  |
| <p><b>PROCEDIMENTALES:</b><br/>Ser capaz de analizar un tema de cooperación al desarrollo con las herramientas teóricas aprendidas</p> <p>Ser capaz de opinar, en el marco de un conocimiento limitado, sobre una acción de cooperación al desarrollo</p> |  |   |  |

## Descripción de las sesiones

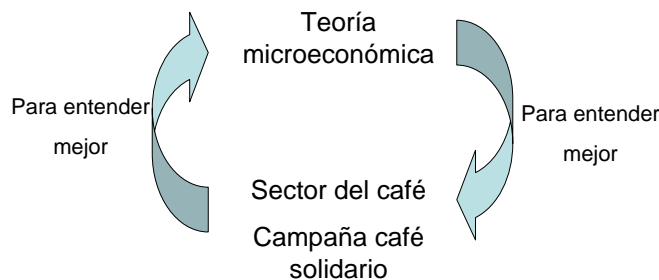
El tratamiento del comercio justo en el aula se hace de manera progresiva y continuada durante la parte de la asignatura relacionado con la microeconomía. A medida que se avanza en el temario de la asignatura, se va presentando el sector del café y el comercio justo. El artículo de Oxfam (2001) se utiliza como hilo conductor a lo largo del curso. Se escogió dicho artículo porque presenta este sector con el vocabulario microeconómico aprendido en clase.

### *Objetivos de las sesiones*

Buscamos alcanzar tres objetivos con la introducción del tema del comercio justo en la asignatura:

- (1) Sensibilizar al alumnado sobre una problemática de desarrollo.
- (2) Utilizar el sector del café y la campaña de café solidario como aplicación de las herramientas teóricas, para entender mejor los conceptos y modelos microeconómicos.
- (3) Demostrar que las herramientas de la teoría económica pueden ayudarnos a formar una primera opinión sobre una acción de cooperación al desarrollo (el comercio justo). Como hemos visto, J. M. Keynes hablaba de la economía como un “instrumento de la mente, una técnica de pensamiento para sacar conclusiones” (ver 0).

### **Ilustración 1:** La interrelación entre la teoría y la aplicación



### *Metodología y temporalización de las sesiones*

Como lo comentamos anteriormente, el tema del comercio justo se toca a lo largo de la segunda parte de las dos asignaturas mediante aplicaciones, encuestas a los alumnos y comentarios de artículos y de citas.

La temporalización de la asignatura “Economía y Organización Industrial” se presenta en la Tabla 3. La temporalización de la asignatura “Análisis del Entorno Económico de la Empresa” coincide con la anterior, salvo las lecciones 8 y 10 puesto que ya se impartieron en la asignatura troncal de “Economía” centrada sobre todo en la macroeconomía.



**Tabla 3:** Temporalización y descripción de las sesiones para Economía y Organización Industrial de Ingeniería Química (EOI) y para Análisis del Entorno Económico de la Empresa de Ingeniería Industrial (AEEE)

| Lección  | Introducción del tema del comercio   |
|--|--|
| <b>Lección 8 (EOI): La oferta y la demanda (6 horas)</b>                                 | Presentación del artículo de OXFAM (2001) con el que se trabajará en las lecciones de microeconomía (para EOI).<br>Aplicaciones:<br>* El desplazamiento de la curva de oferta provocado por Vietnam y Brasil (10 minutos)<br>* La consecuencia de la bajada de los precios de bienes afines en la producción (10 minutos)<br>* El ciclo natural del café ( <i>hog cycle</i> ) (20 minutos)<br>Ejercicio: Las consecuencias de las barreras proteccionistas de los países ricos en el sector agrícola para los países en desarrollo (1 hora)  |
| <b>Lección 9 (EOI) y Lección 1 (AEEE): La elasticidad-precio de la demanda (4 horas)</b> | Presentación del artículo de OXFAM (2001) con el que se trabajará en las lecciones de microeconomía (para AEEE).<br>Aplicación: Demanda inelástica y volatilidad del precio del café (10 minutos)  |
| <b>Lección 10 (EOI): Las virtudes y las limitaciones del mercado (4 horas)</b>           |  |
| <b>Lección 11 (EOI) y Lección 2 (AEEE): Los costes de producción (4 horas)</b>           |  |
| <b>Lección 12 (EOI) y Lección 3 (AEEE): La competencia perfecta (6 horas)</b>            | Aplicación: Los costes fijos hundidos que hacen que el productor de café produzca a pesar de tener pérdidas (10 minutos).<br>Encuesta: Introducción del tema del comercio justo (15 minutos).<br>Ejercicio (1 hora 15): La consecuencia de la introducción de una campaña de café solidario suponiendo que el mercado del café es un mercado en competencia perfecta (muchos ofertantes y demandantes, bien homogéneo, libre entrada).   |
| <b>Lección 13 (EOI) y Lección 4 (AEEE): El monopolio (6 horas)</b>                       | Aplicación (30 minutos): El café solidario: ¿una manera de discriminar precios por parte de la empresa privada?<br>Ejercicio (1 hora): la consecuencia de la introducción de una campaña de café solidario suponiendo que el mercado del café es un mercado en monopsonio o monopolio por el lado de la demanda (muchos ofertantes, un demandante, bien homogéneo).  |
| <b>Lección 14 (EOI) y Lección 5 (AEEE): La competencia monopolística (2 horas)</b>       |  |
| <b>Lección 15 (EOI) y Lección 6 (AEEE): El oligopolio (2 horas)</b>                      | Aplicación (15 minutos): Valoración de la posibilidad de formar un cártel de los países productores de café para hacer subir el precio mundial del café.   |
| <b>Sesión de conclusiones - debate (2 horas)</b>   | Presentación de los resultados de la encuesta realizada a los alumnos.<br>Valoración final del café solidario tratando tres temas principales de discusión (2 horas):<br>(1) ¿Cuáles tendrían que ser los criterios de selección de los beneficiarios de una campaña de comercio justo?<br>(2) ¿Cuál es la mejor manera de implantar el comercio justo? ¿Mediante ONGs (tiendas solidarias) o grandes empresas?<br>(3) ¿Es el comercio justo la manera más eficiente de ayudar al desarrollo de países en desarrollo?<br>Para el debate se tratará de invitar a una persona responsable del comercio justo en una ONG. |

### *Descripción general de las sesiones*

En todas las sesiones, será necesario que el alumno disponga del artículo previamente mencionado de Oxfam (2001). Éste puede tomarse como una especie de regla en la que se va midiendo la evolución de los conocimientos del alumno, tanto teóricos como aplicados al tema del sector del café y del comercio justo.

### *Lección: La oferta y la demanda*

En esta lección se presentan las características del mercado mundial del café a través de cuatro hechos, explicados a modo de aplicaciones prácticas. Todos ellos se ilustran mediante las curvas de la oferta y la demanda:

- El desplazamiento curva oferta del café y consiguiente bajada del precio debido al gran incremento de producción en Vietnam y Brasil (ver anexo Ilustración 1)
- Si el precio de los bienes afines en la producción de café baja, los agricultores seguirán produciendo café a pesar de venderlo a un precio inferior (ver anexo Ilustración 2).
- Las barreras proteccionistas en los países ricos, como aranceles a las importaciones, pueden afectar al precio de los productos agrícolas de los países en desarrollo. Este ejemplo se ilustra con un ejercicio práctico, en el que los alumnos tienen que cuantificar el efecto de los aranceles o de cuotas (ver anexo Ilustración 3).
- La volatilidad del precio del café debido al retardo de la oferta con respecto a la demanda del año anterior: una variación de la demanda en un año  $t$  no afecta a la oferta hasta el año  $t+1$  (ciclo de la telaraña) (ver anexo Ilustración 4).

### *Lección: La elasticidad-precio de la demanda*

En este capítulo se presenta una de las principales razones de la volatilidad del precio del café: la inelasticidad de la demanda del café<sup>18</sup>. Con la curva de la oferta y la demanda se ilustra cómo una pequeña variación de la oferta provoca una gran variación en el precio del café (ver anexo Ilustración 5).

### *Lección: La competencia perfecta*

Vista la introducción a la microeconomía, a partir de esta lección se modeliza el mercado del café y el tema del comercio justo utilizando tres estructuras de mercado:

- la competencia perfecta;
- el monopolio;
- el oligopolio.

El alumno tiene que tener claro que las modelizaciones son un intento de representar la realidad para sacar sentido de la complejidad de las cosas. Sin embargo, no tiene que olvidar que cada estructura teórica de mercado tiene unas características propias. Las conclusiones, que se pueden sacar de la aplicación en una estructura de mercado concreta, serán pues únicamente válidas bajo los supuestos de dicha estructura de mercado.

Cuando se haya finalizado la explicación del modelo de la competencia perfecta, se utiliza el caso de la producción del café para ilustrar el concepto de costes fijos hundidos. Se trata de ver cómo dichos costes pueden, en el corto plazo, hacer que el productor de café produzca a pesar de tener pérdidas (ver anexo Ilustración 6).

---

<sup>18</sup> Una demanda inelástica es una demanda poco sensible a variaciones en el precio.

En este momento, en el que los alumnos ya han visto algunos aspectos relacionados con el sector del café, se introduce el comercio justo (ver anexo Ilustración 7) y se les realiza una encuesta. Con cuatro preguntas, se pretende hacerles pensar en el comercio justo y ver qué ideas previas tienen (ver anexo Ilustración 8).

Con las herramientas aprendidas en este capítulo se realiza un ejercicio numérico (ver anexo Ilustración 9) para estudiar las siguientes cuestiones:

- (1) La introducción de una campaña de comercio justo (con precio mínimo garantizado para una clase de productores) en el mercado del café puede, bajo ciertas condiciones, afectar negativamente a los productores no-beneficiarios de la campaña (ver *The Economist*, 2006; Harford, 2003).
- (2) Constatar que, a veces, los costes adicionales que conlleva el comercio justo (certificaciones, producción biológica, etc.) para el productor de café beneficiario de la campaña impiden que este último se beneficie económicamente del precio mínimo garantizado de la campaña (ver Rodrik, 2007; Downie, 2007).
- (3) Si los costes de producción de los diferentes productores de café varían, según, por ejemplo, el lugar de cultivo, la campaña de comercio justo (con un único precio mínimo garantizado mundial) puede provocar una asignación ineficiente de los recursos (es decir, la producción de café en un lugar donde no es eficiente, más costoso, producir café) (Ghillani, 2006; Alsever, 2006).

### *Lección: El monopolio*

En la lección del monopolio se explica la discriminación de precios de la empresa. Se trata de la práctica que consiste en vender *el mismo bien* a precios diferentes a los distintos clientes, según el grado de sensibilidad al precio de la demanda del cliente. Una de las condiciones para poder realizar la discriminación de precios es poder distinguir dos (o más) tipos de consumidores. Utilizamos un artículo de T. Harford (2005), que afirma que Costa, una cadena de cafeterías como Starbucks en el Reino Unido, utiliza la excusa del café solidario para discriminar precios entre dos grupos de consumidores: los “solidarios” con una demanda inelástica y los “indiferentes” con una demanda elástica (ver también *The Economist*, 2006). Si la empresa realiza una discriminación de precios con el café solidario, se pierde la relación entre el precio adicional que paga el consumidor final y el precio adicional que recibe el agricultor apoyado por la campaña. Como lo escribe J. Alsever (2006), “el productor de café (beneficiario de la campaña) que produce una libra de granos de café (...) recibe US\$1,26, en lugar del precio de mercado de US\$1,10. Sin embargo, que (el consumidor final estadounidense) haya pagado US\$10 o US\$6 por (esta libra) de café solidario, el productor recibe los mismos US\$1,26”.

Posteriormente, volvemos a utilizar los datos numéricos del ejercicio realizado en la lección anterior (la competencia perfecta), para ilustrar el caso de un mercado de café en monopsonio (monopolio de la demanda) y la consecuencia de la introducción de una campaña de comercio justo. A lo mejor, esta estructura de mercado se acerca más a la realidad del mercado del café que la competencia perfecta, ya que solamente 4 ó 5 tostadores de café compran más de la mitad de los granos de café del mundo (Oxfam, 2002; Fitter y Kaplinsky, 2001).

### *Lección: El oligopolio*

En la lección dedicada al oligopolio se suele poner como ejemplo de cártel<sup>19</sup>, la OPEP: la Organización de los Países Exportadores de Petróleo. Se debate, en este marco, las posibilidades y dificultades de crear una nueva “OPEP del Café”, una organización de los países exportadores de café. Entre 1963 y 1989 existió la ICA (*International Coffee Agreement*) – un cártel entre países exportadores de café – que fracasó a causa del no-respeto de las cuotas de producción por parte de algunos países miembros (Oxfam, 2001).

### *Sesión de conclusiones: Debate*

Una vez finalizado el temario de la asignatura, se realizará una sesión de conclusiones. En ésta, se comentan los resultados de la encuesta realizada a los alumnos en la lección de la competencia perfecta.

En la clase previa a esta sesión se habrán proporcionado artículos que tratan de los siguientes temas de discusión:

- 1/ Tema de discusión 1: ¿Cuáles tendrían que ser los criterios utilizados para (1) seleccionar a los beneficiarios y (2) fijar el precio mínimo garantizado?
- 2/ Tema de discusión 2: ¿De qué modo se tiene que realizar el comercio justo en los países ricos? ¿Mediante tiendas solidarias (SETEM, Intermon) o mediante supermercados y grandes empresas (Starbucks, Carrefour, McDonald's, etc.)?
- 3/ Tema de discusión 3: ¿El comercio justo es una manera eficiente de apoyar a pequeños productores agrícolas en los países en desarrollo?

Cada tercio de clase realiza un trabajo individual (2 páginas) sobre uno de los temas anteriores (por ejemplo, a los alumnos con apellido de la “A” a la “J” se les asigna el primer tema, etc.). Al principio de la sesión de conclusiones, los alumnos tienen que entregar su trabajo individual.

Durante la segunda hora de clase, se intenta hacer venir un responsable de la campaña de comercio justo de una ONG para que responda a las dudas y reflexiones de los alumnos.

### *Descripción del material para realizar las sesiones y el complementario*

En las actividades relacionadas con el comercio justo se utiliza material didáctico similar al del resto de la asignatura, de manera que esté integrado en su contenido.

Las clases se imparten utilizando principalmente la pizarra para explicar e ilustrar los elementos teóricos de cada lección, así como para resolver los ejercicios y las aplicaciones prácticas. Todos los artículos, datos, citas o gráficos que se proyectan en transparencias, están disponibles para los alumnos en formato digital (se han de bajar de Internet). A veces, el profesor distribuye en clase fotocopias con problemas o artículos.

Los alumnos disponen de los diferentes textos utilizados para las actividades relacionadas con el sector del café y el comercio justo (se han de bajar de Internet):

- Artículo de base que se utiliza a lo largo de todo la parte de la segunda parte de la asignatura (microeconomía) para presentar características del mercado del café:
- OXFAM (2001), *The Coffee Market – a Background Study*, International Commodity Research, Oxfam, United Kingdom.

---

<sup>19</sup> Existe un cartel cuando los ofertantes en un mercado en oligopolio se ponen de acuerdo entre ellos para fijar conjuntamente el precio del producto y para repartirse la producción total del mercado.

Siete artículos utilizados para la sesión de discusiones:

- *The Economist* (2006), “Voting with your trolley”, Dec 7th 2006.
- Singer P. (2006), “Why Pay More for Fairness?”, *Project Syndicate*.
- Harford T. (2005), “Go figure - an extract from The Undercover Economist”, *Financial Times Magazine*, 22 October 2005.
- Jacquiau C. (2007), “Max Havelaar o las ambigüedades del comercio equitativo”, *Le Monde Diplomatique*, Septiembre 2007.
- Rodrik D. (2007), “I don't understand ‘fair trade’”, *Dani Rodrik's weblog*, October 2, 2007.
- Ghillani P. (2006), “El comercio justo como modelo de negocio”, Centro de Comercio Internacional, *Forum de Comercio Internacional*, No. 2/2006.
- Taylor P., Murray D. and Raynolds L. (2005), “Keeping Trade Fair: Governance Challenges in the Fair Trade Coffee Initiative”, *Sustainable Development*, 13, pp. 199-208.

*Evaluación y seguimiento del aprendizaje de los alumnos*

Hay sólo una evaluación del alumno relacionada con el tema del comercio justo: el trabajo individual que entrega en la sesión de discusiones.

## Recursos

En el CD adjunto tienen los recursos (diapositivas, enunciados de ejercicios con solución, artículos) utilizados para introducir el tema del comercio justo en la asignatura. Están ordenados por lección.

## Referencias

Alsever J. (2006), “Fair Prices for Farmers: Simple Idea, Complex Reality”, *The New York Times*, March 19, 2006.

Comercio Justo México, A.C. (2007), *Norma de comercio Justo México, Criterios para organizaciones de Pequeños Productores, 2007*, Comercio Justo México, A.C. México, Distrito Federal. Disponible en: {<http://www.comerciojusto.com.mx>}.

Downie A. (2007), “Fair Trade in Bloom”, *The New York Times*, October 2, 2007.

Eberhart N. (2006), *Etude d'impact du commerce équitable sur les organisations et familles paysannes et leurs territoires dans la filiere café des Yungas de Bolivie*, Agronomes et Vétérinaires sans frontières, Nogent sur Marne (Francia).

FLO internacional (2005), *Fairtrade in Europe 2005. Facts and Figures on Fair Trade in 25 European Countries*, Bonn, Alemania. Disponible en:

{[http://www.fairtrade.net/uploads/media/FairTradeinEurope2005\\_03.pdf](http://www.fairtrade.net/uploads/media/FairTradeinEurope2005_03.pdf)}

FLO internacional (2007), *Shaping global partnerships, Annual Report 2006/2007*, Bonn, Alemania. Disponible en:

{[http://www.fairtrade.net/uploads/media/Final\\_FLO\\_AR\\_2007\\_01.pdf](http://www.fairtrade.net/uploads/media/Final_FLO_AR_2007_01.pdf)}

Ghillani P. (2006), “El comercio justo como modelo de negocio”, Centro de Comercio Internacional, *Forum de Comercio Internacional*, No. 2/2006. Disponible en : {[http://www.forumdecomercio.org/news/fullstory.php/aid/919/El\\_comercio\\_justo\\_como\\_modelo\\_de\\_negocio.html](http://www.forumdecomercio.org/news/fullstory.php/aid/919/El_comercio_justo_como_modelo_de_negocio.html)}

Harford T. (2003), “Fair trade coffee has a commercial blend”, *Financial Times*, September 12, 2003. Disponible en: {<http://www.timharford.com/writing/2003/09/fair-trade-coffee-has-commercial-blend.html>}

Harford T. (2005), “Go figure - an extract from The Undercover Economist”, *Financial Times Magazine*, 22 October 2005. Disponible en:

{<http://www.timharford.com/favourites/gofigure.htm>}

Heyne P. (1991), *Microeconomics (2nd edition)*, Maxwell Macmillan International, New York.

Hertz N. (2002), *The Silent Takeover*, Arrow Books, London.

- Jacquiau C. (2007), "Max Havelaar ou les ambiguïtés du commerce équitable" *Le Monde diplomatique*, septembre 2007.
- Levitt S. and Dubner S. (2005), *Freakonomics*, William Morrow, New York.
- Mankiw G. (2006), "Fairtrade Coffee", *Greg Mankiw's Blog*, May 3, 2006.
- O'Brien G. (2001), *An Essay on Mediaeval Economic Teaching*, Batoche Books, Kitchener (Ontario).
- OXFAM (2001), *The Coffee Market – a Background Study*, International Commodity Research, Oxfam, United Kingdom. Disponible en: {<http://www.maketradefair.com/en/assets/english/BackgroundStudyCoffeeMarket.pdf>}.
- OXFAM (2002), Pobreza en tu taza: la verdad sobre el negocio del café, Comercio con justicia, Oxfam. Disponible en {<http://www.comercioconjusticia.com/es/index.php?file=19092002155110.htm&cat=3&subcat=4&select=1> }
- Rodrik D. (2007), "I don't understand 'fair trade'", *Dani Rodrik's weblog*, October 2, 2007. {[http://rodrik.typepad.com/dani\\_rodriks\\_weblog/2007/10/i-dont-understa.html](http://rodrik.typepad.com/dani_rodriks_weblog/2007/10/i-dont-understa.html)}
- SETEM (2006), *El comercio justo en España 2006*, Icaria Editorial, Barcelona. Disponible en: {[www.buencafe.org/Documentos/NOTICIASBC/6/Anuario%20CJ%202006.pdf](http://www.buencafe.org/Documentos/NOTICIASBC/6/Anuario%20CJ%202006.pdf)}.
- Singer P. (2006), "Why Pay More for Fairness?", *Project Syndicate*, Disponible en: {<http://www.project-syndicate.org/commentary/singer10/English>}.
- Taylor P., Murray D. and Raynolds L. (2005), "Keeping Trade Fair: Governance Challenges in the Fair Trade Coffee Initiative", *Sustainable Development*, 13, pp. 199-208.
- The Economist* (2006), "Voting with your trolley", Dec 7th 2006.

## Infraestructuras y desarrollo de un país sin litoral: el caso de Malawi

Alvar Garola Crespo<sup>20</sup>, Rainer González Palau<sup>21</sup>

### 1. Contexto

El material docente Infraestructuras y desarrollo en un país sin litoral: El caso de Malawi, se ha preparado para ser ofrecido en la asignatura ECONOMIA que forma parte de la titulación Ingeniería de Caminos Canales y Puertos que se cursa en la ETS Ingeniería de Caminos Canales y Puertos de Barcelona.

ECONOMIA se imparte en el primer curso de la titulación y cuenta con unos 200 alumnos que se dividen en tres grupos. Actualmente se estructura en base a dos horas presenciales de clase a la semana, si bien la progresiva aplicación del EEES posiblemente modificará este esquema.

|              |   |
|--------------|---|
| Universidad  | Universitat Politècnica de Catalunya                  |
| Centro       | 250 E.T.S Enginyeria Camins, Canals i Ports Barcelona |
| Titulación   | Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos              |
| Departamento | 722 Infraestructura del Transporte y el Territorio    |
| Asignatura   | 18006 Economía (1º, Anual)                            |
| Créditos     | 6   |
| No. Alumnos  | 200   |

La gran mayoría de los alumnos no han cursado anteriormente asignaturas de contenido económico, ya que proceden mayoritariamente del bachillerato tecnológico. Por tanto el objetivo de la asignatura es ofrecer unos conocimientos básicos que puedan ser útiles en la formación de estos profesionales.

El temario de la asignatura comprende los siguientes apartados:

- . Introducción a la economía y a los sistemas económicos
- . Análisis de la actividad productiva: La empresa
- . El Mercado: Demanda y Oferta
- . Producción y Renta nacional. Desarrollo económico
- . Intervención del Estado en economía
- . Economía monetaria y sistema financiero
- . Introducción a la economía internacional

Sobre este esquema se introducen temas transversales que tienen que ver con economía y territorio, economía y medio ambiente, economía de la construcción y de las infraestructuras y el papel de estas en el desarrollo económico y el bienestar de la población.

La coordinación con otras asignaturas de esta titulación permite poner el énfasis en determinados conceptos y razonamientos económicos que luego se utilizarán en temas relacionados con transporte, el diseño y la gestión de las infraestructuras, la elaboración de los proyectos, etc. El material docente **Infraestructuras y desarrollo en un país sin litoral: El caso de Malawi** se utilizará en el **tema producción, renta nacional, desarrollo económico**. En este tema se introducen las variables económicas básicas (PIB, Renta, Distribución de la Renta,...), y se trabajan los conceptos de crecimiento económico, desarrollo y los factores que

<sup>20</sup> Economista, profesor de la ETSECCPB, responsable de la asignatura “Desarrollo, cooperación y responsabilidad social corporativa del Master en Sostenibilidad de la UPC. Tutor de la tesina “Infraestructuras y desarrollo de un país sin litoral: el caso de Malawi”.

<sup>21</sup> Ingeniero de Caminos por la ETSECCPB, autor de la tesina “Infraestructuras y desarrollo de un país sin litoral: el caso de Malawi”.

lo generan, poniendo un énfasis especial en la infraestructuras y su papel como factor de desarrollo. Se introducen también datos básicos sobre la cooperación al desarrollo, y los efectos que puede generar sobre los países que la reciben.

Hay que tener en cuenta que la asignatura ECONOMIA se imparte en el primer curso de la titulación. Por tanto el material docente servirá para definir y reforzar estos conceptos. El hecho que se analice un país concreto, con datos reales permite poder discutir y valorar, tanto en el aula como en las horas de estudio, las consecuencias y la racionalidad de las inversiones en infraestructuras, e incluso aplicarlas a otras realidades.

Por otra parte el material que se ha preparado es muy amplio y trata diversos temas de interés. En una asignatura de primer curso el objetivo es que sirva para introducir conceptos básicos, pero también se puede usar en cursos superiores y en asignaturas de postgrado, abordando los temas con mayor profundidad. En este sentido, también se utilizará en la asignatura **Desarrollo, cooperación y responsabilidad social de las organizaciones** que forma parte del **Master de Sostenibilidad** que impulsa la **Universidad Politécnica de Cataluña**.

|              |  |
|--------------|--|
| Universidad  | Universitat Politècnica de Catalunya   |
| Centro       | 250 E.T.S Enginyeria Camins, Canals i Ports Barcelona                          |
| Titulación   | Master en sostenibilidad (UPC)   |
| Departamento | 722 Infraestructura del Transporte y el Territorio                             |
| Asignatura   | 32530 Cooperación internacional y responsabilidad social de las organizaciones |
| Créditos     | 5 ECTS   |
| No. Alumnos  | 25   |

## 2. Esquema

El material docente trata diversos temas que son de interés para la asignatura de Economía especialmente en una titulación de Ingeniería Civil:

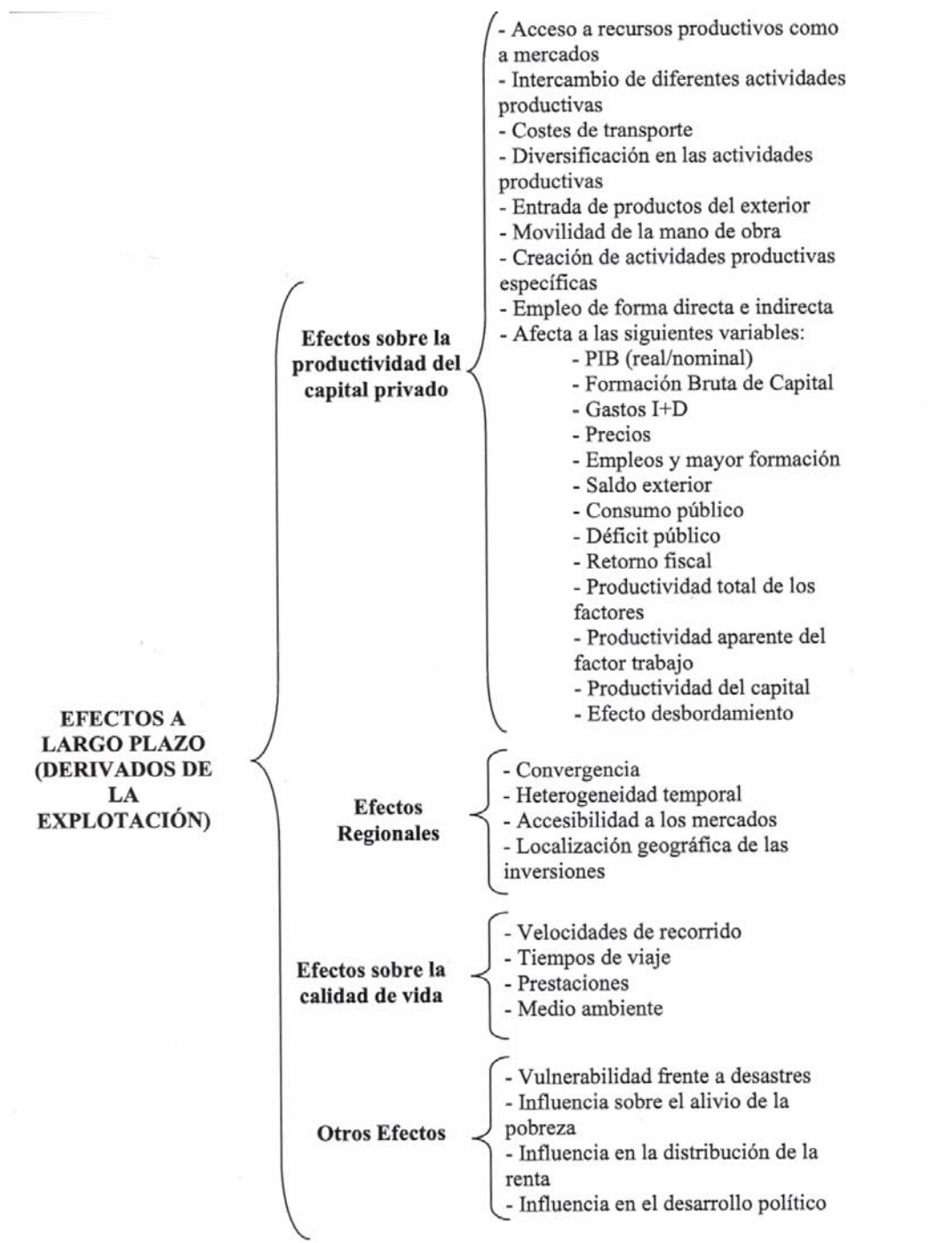
- Relación entre Infraestructuras y desarrollo económico
- Particularidades de los países sin litoral, muy importante en el caso de los países no desarrollados
- Características socio-económicas de un país no desarrollado
- Planificación de las infraestructuras para el desarrollo económico
- El papel de las instituciones internacionales
- Calculo de la rentabilidad de las inversiones en infraestructuras

### 2.1 Infraestructuras y desarrollo económico

La dotación de capital público es uno de los condicionantes del crecimiento económico de las naciones. Disponer de redes adecuadas de transporte, energía, saneamiento y depuración de agua, telecomunicaciones, etc., es sin duda un requisito imprescindible para el funcionamiento de una economía moderna. La discusión sobre la contribución de las infraestructuras no se sitúa en este punto, sino en el grado en que la dotación de capital público explica el crecimiento económico; y en consecuencia, acerca de qué papel le corresponde a la inversión en infraestructuras en la política económica.



Cuadro1: Efectos económicos a largo plazo derivados de la explotación de Infraestructuras de Transporte



Fuente: Carpintero (2005) y Robusté F., Garola A., Ulled A. y Salas M. (2005)

Parece que hay un acuerdo bastante unánime en el sentido que las infraestructuras son vistas como una condición necesaria para el desarrollo, y que en cambio, la insuficiencia de infraestructuras puede originar importantes obstáculos para el buen funcionamiento del sistema económico, elevando los costes de producción y perjudicando la competitividad de la economía. El déficit en dotación de infraestructuras puede, por tanto, afectar negativamente la tasa de crecimiento a medio y largo plazo de la economía y puede comportar un empeoramiento del bienestar de la población.

Los análisis econométricos que relacionan infraestructuras y crecimiento se han llevado a cabo básicamente en países desarrollados, y confirman esta relación (Aschauer 1989). Teniendo en cuenta la previsible existencia de rendimientos decrecientes, y los trabajos que se han llevado a cabo (Carpintero 2005) el impacto de inversiones en infraestructuras en un país no desarrollado deben ser mucho más significativos.

Las infraestructuras tienen un impacto a corto plazo en el momento en que se construyen ya que implica un aumento de la actividad. Pero los efectos importantes se producen a medio y largo plazo, cuando la existencia y la utilización de las infraestructuras incide en la estructura productiva del país (Garola 2000). En el material docente se aborda este tema desde el punto de vista teórico a partir de diferentes estudios realizados. Por otra parte, se aplican estos estándares al caso de Malawi, analizando la dotación actual, las posibilidades y los efectos que podría tener.

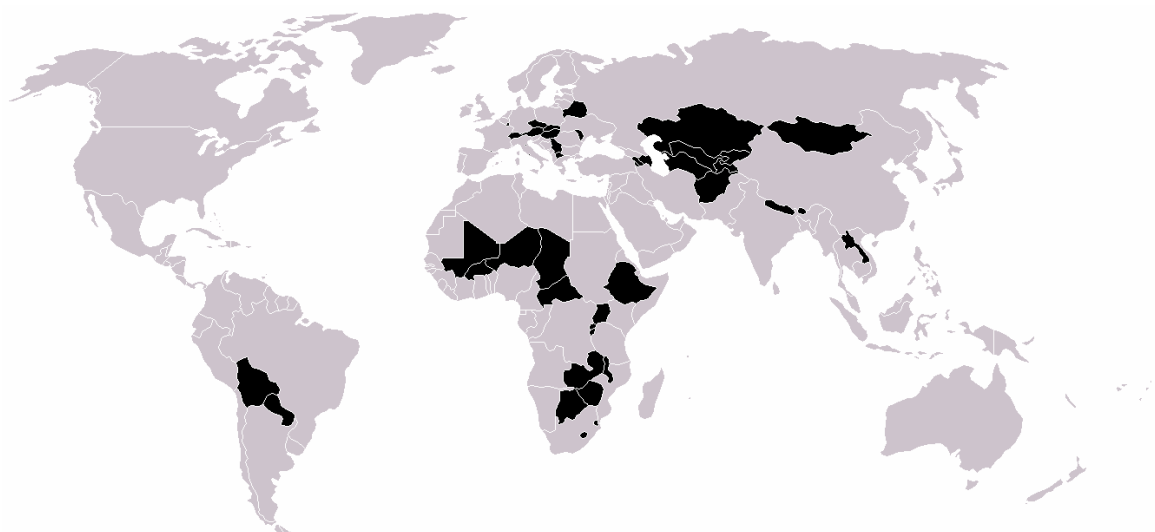
## ***2.2 Países sin litoral***

El tema de los países sin litoral ha sido analizado desde el ámbito económico debido a que se ha observado que esta circunstancia incide en el nivel de desarrollo económico (Sachs 1993). Esto ha generado interés en las instituciones internacionales, especialmente en las Naciones Unidas a través de la UNCTAD (Conferencia de Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo). Incluso en el 2005 se celebró una cumbre de este tipo de países para encontrar ámbitos de colaboración para tratar problemas comunes.

Un País Sin Litoral (PSL) es cualquier país que no tiene acceso al mar en su propio territorio, Para acceder al mar, y por tanto al comercio marítimo, tiene que transitar por uno o más países con litoral.

La problemática del aislamiento geográfico es ampliable también a regiones situadas en el interior de países que disponen de litoral (la República del Congo serían un ejemplo muy claro de un país que tiene litoral pero con una gran parte de sus regiones totalmente separada de este recurso), muchas de las cuales padecen condiciones mucho más severas que algunos PSL.

Mapa 1: Los países sin litoral en el mundo



Fuente: Escap (2003)

En el mundo hay 42 PSL. La mayor superficie de PSL se encuentra en Asia. Si se observan las estadísticas mundiales se detecta que los PSL ocupan las últimas posiciones de desarrollo económico y social. Obviamente no es el caso de Europa, en el que la gran interrelación y las pocas trabas comerciales entre los diversos países hacen que este sea un tema relativamente poco importante, pero si es muy significativa en Asia y especialmente en África, donde la situación es especialmente grave y en la que ocupan las últimas posiciones de desarrollo económico y social.

Como sucede con todas las variables de tipo económico, el bajo nivel de desarrollo de los países sin litoral se explica por múltiples razones que deben ser analizadas en su conjunto, pero hay algunos que tienen que ver con los déficits de infraestructuras y los costes del transporte:

- . Necesidad de disponer de una red de infraestructura de transporte que canalice los productos del país hacia el exterior. Pero sobre todo, y este sería el factor más significativo en países como los africanos, la necesidad de coordinar esta red interna con la de otros países vecinos. Además, estos vecinos deben contar con infraestructuras de dimensión y características que se adapten a las necesidades del país sin litoral
- . Grandes distancias a recorrer hasta los puertos marítimos. Hay que tener en cuenta que para países exportadores de productos, el transporte marítimo es básico para canalizar los productos
- . Dependencia del tránsito por terceros países
- . Altos costes de oportunidad generadores de demoras, esperas o procesos administrativos en fronteras o controles varios
- . Desaparición de mercancías en accidentes, robos o pérdidas, que son muy frecuentes y generan gastos en seguros muy elevados

### 3. Descripción de las sesiones

Como ya se ha comentado anteriormente la asignatura de ECONOMIA se estructura en base a una clase presencial de 2 horas a la semana.

El material docente se presentará en tres sesiones consecutivas. Anteriormente se habrán definido ya en clase las variables económicas más importantes (PIB, Renda...) así como el concepto de desarrollo (Índice de Desarrollo Humano, Indicadores de bienestar...)

La **primera sesión** se dedicaría a la explicación de que es un país sin litoral, y analizar el nivel de desarrollo de estos países. A partir de aquí se trataría de ver que factores inciden en el desarrollo de un país, y cuales de ellos tienen una especial incidencia por tratarse de un país sin litoral. Se presentaran los datos más relevantes de la economía de Malawi, con sus referentes históricos y poniendo el énfasis en la actividad productiva y la importancia de las exportaciones.

La **segunda sesión** se dedicaría a tratar el tema de la inversión en infraestructuras y su impacto en el crecimiento económico y en el nivel de desarrollo. Se diferenciará entre países desarrollados y no desarrollados. Se explicará la red de transportes de Malawi, los flujos de mercancías y la de los países vecinos. Se aprovechará para introducir algunos datos sobre las inversiones de los organismos internacionales (Banco Mundial...) y a que se destinan.

La **tercera sesión** se plantea como la resolución del problema anterior, y definir que inversiones deberíamos llevar a cabo en Malawi para ayudarle al mejorar su nivel de riqueza y bienestar.

### ***3.1 Objetivos de cada sesión***

Distinguiremos los objetivos de cada una de las sesiones, si bien muchos de ellos son comunes.

**Primera sesión. Desarrollo y países sin litoral**

**Segunda sesión. Infraestructuras y desarrollo**

**Tercera sesión. Política de inversiones para Malawi**

Dedicar tres sesiones a un caso tan complejo e intentar implicar a los estudiantes puede resultar muy ambicioso, pero hay que tener en cuenta que se trata de alumnos de primer curso, y en una asignatura que tiene un contenido muy amplio, con lo que primarán las ideas más generales sobre la profundidad. La ventaja es que muchos de los conceptos necesarios para entender el caso (definición de variables económicas, análisis coste-beneficio, etc.), ya habrán sido explicados en clase, y por tanto en estas tres sesiones solamente se analizará su aplicación práctica.

En el caso que este material se empleará en cursos superiores o en un postgrado (ya se ha comentado anteriormente que podría usarse en una asignatura del Master en Sostenibilidad de la Universidad Politécnica), se le podría dar otro enfoque. Otorgándole más tiempo y con un mayor nivel de profundidad.

| OBJETIVOS  | METODOLOGÍA   | SISTEMA DE EVALUACIÓN   | TEMPORALIZACIÓN   |
|--|---|---|---|
| <b>CONCEPTUALES</b><br><i>1ª Sesión</i><br>. Trabajar los conceptos de crecimiento, desarrollo económico y bienestar.<br>. Cuantificar los diferentes niveles de desarrollo<br>. Estudiar las características específicas de los países sin litoral y como inciden en su nivel económico<br>. Introducir el concepto de cooperación al desarrollo y valorar su incidencia<br><i>2ª Sesión</i><br>. Analizar la relación entre inversión en infraestructuras y desarrollo<br>. Valorar los diferentes estudios sobre estos temas<br>. Conocer el papel de las grandes instituciones internacionales y las inversiones que realizan a favor del desarrollo<br>. Conocer las características de la red de infraestructuras de un país no desarrollado a partir del caso de Malawi<br><i>3ª Sesión</i><br>. Ser capaces de definir una política de infraestructuras y valorarla críticamente<br>. Conocer las metodologías de tipo coste-beneficio que se utilizan para valorar la rentabilidad social de las infraestructuras<br>. Incidencia que pueden tener las inversiones en infraestructuras sobre la economía de Malawi y analizar los sistemas que se utilizan para su cuantificación<br>. Conocer las posibilidades existentes de cooperación entre países vecinos: acuerdos comerciales, de política de infraestructuras, etc<br><br><b>RELACIONADOS CON LAS ACTITUDES</b><br><i>1ª Sesión</i><br>. Sensibilidad hacia la falta de desarrollo<br>. Actitud participativa para tratar los problemas de desarrollo<br>. Cooperación al desarrollo sus mecanismos y incidencia<br><i>2ª Sesión</i> | <p>El material docente se utilizará en forma de presentación. Posteriormente se repartirá a los alumnos, pero no lo tendrán durante la exposición, ya que se pretende que participen del trabajo en clase.</p> <p>La exposición por parte del profesor estará acompañada de participación de los estudiantes. Se trata que ellos integren el debate, lo cual vendrá favorecido por tratarse de un caso concreto.</p> <p>Las dos primeras sesiones plantearan los temas específicos respecto a los países no desarrollados y sin litoral y respecto a la relación entre inversión en infraestructuras y desarrollo económico. También se planteará el caso de Malawi y sus condicionantes concretos.</p> <p>Acabada la segunda sesión, se formaran grupos de trabajo para que, fuera de clase, hagan una reflexión sobre cuales deberían ser las actuaciones prioritarias en Malawi. Esto exigirá un consenso entre los grupos de estudiantes, ya que en la tercera sesión cada grupo deberá</p> | <p>1. Examen final:<br/>Un porcentaje proporcional al temario de preguntas test del examen final.</p> <p>2.Realización de un trabajo en grupo<br/>- Colaboración<br/>- Compromiso con el grupo de trabajo</p> <p>3. Evaluación continuada:<br/>- Participación en los debates<br/>- Realización de las diferentes actividades planteadas para la consecución de los objetivos propuestos.</p> | <p>Este material docente se utilizará durante 3 sesiones consecutivas.<br/>Las sesiones tendrán una duración de 2 horas</p> |

| OBJETIVOS  | METODOLOGÍA  | SISTEMA DE EVALUACIÓN | TEMPORALIZACIÓN |
|--|--|-----------------------|-----------------|
| <p>. Percibir los impactos sociales de las infraestructuras</p> <p>. Responsabilidad del profesional de la Ingeniería Civil en el desarrollo</p> <p>. Trabajo en grupo para discutir los problemas del país en desarrollo</p> <p><i>3ª Sesión</i></p> <p>. Actitud participativa en la solución de problemas</p> <p>. Trabajo en grupo para definir prioridades</p> <p>. Sensibilidad ante las actuaciones de los organismos internacionales y los países ricos hacia las inversiones en desarrollo</p> <p><b>PROCEDIMENTALES</b></p> <p><i>1ª Sesión</i></p> <p>. Estadísticas relativas a crecimiento y desarrollo; Valoración</p> <p>. Analizar de manera crítica las posibles vías al desarrollo</p> <p>. Analizar las posibilidades y la viabilidad de cooperación entre países</p> <p><i>2ª Sesión</i></p> <p>. Relacionar conceptos económicos y ingeniería civil</p> <p>. Analizar de manera crítica los impactos sociales de las infraestructuras</p> <p>. Relacionar datos técnicos relacionados con las infraestructuras con los componentes políticos y sociales que tienen que ver con el desarrollo</p> <p><i>3ª Sesión</i></p> <p>. Hipótesis: efecto de las infraestructuras sobre la situación de Malawi</p> <p>. Trabajo en grupo: Soluciones para Malawi. Capacidad de alcanzar consensos dentro del grupo</p> <p>. Analizar de manera crítica los impactos sociales de la ingeniería civil</p> | <p>exponer, de manera sintética, cuales han sido sus conclusiones.</p> <p>Estas se compararan con la solución que se propone para Malawi. Se comentaran las diferencias y similitudes, y se valoraran cuales serian los criterios de decisión.</p> |                       |                 |

### 3.3 Descripción general de las sesiones

#### Primera sesión. Desarrollo y países sin litoral

Esta sesión pondrá el énfasis en los conceptos relacionados con el desarrollo de los países y de las particularidades que implica en el caso de los países sin litoral.

La constatación de que los países sin litoral ocupan lugares muy bajos en el ranking del bienestar (González R. 2007), especialmente en África, permitirán comentar los modelos de desarrollo y aquellos factores que inciden en el crecimiento de la riqueza. Los factores relacionados con el transporte tendrán un lugar destacado en este aspecto.

Cuadro 2: Principales indicadores económicos y sociales de Malawi

|  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>. IDH: 0,404. Lugar 165 de la clasificación mundial (sobre 177).</li><li>. Esperanza de vida al nacer: 39,7 años.</li><li>. Tasa de Alfabetización de Adultos: 64,1%.</li><li>. PIB per cápita: 156 dólares.</li><li>. Gasto Sanitario per Cápita: 48US\$.</li><li>. Médicos por cada 1.000 habitantes: 1 (el más bajo del mundo).</li><li>. Tasa de prevalencia del VIH: 14,2%.</li><li>. Mortalidad Infantil (por cada 1.000 recién nacidos vivos): 112.</li><li>. Gasto público educación (% del PIB): 6%.</li><li>. Vehículos (1.000 habitantes): 3.</li><li>. Población Urbana: 25%.</li></ul> <p>División del país en tres regiones geográficas y administrativas:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>. Región Norte: 15,6% de la población. Tradicionalmente la región más pobre y árida.</li><li>. Región Central: 41,7% de la población. Región con mayor crecimiento desde la instauración de la capital Lilongwe en 1975.</li><li>. Región Sur: 42,7% de la población. Históricamente la región más rica, se concentran gran parte de las actividades económicas del país, incluido el turismo. La capital comercial, Blantyre, se ubica en esta región.</li></ul> |
|--|

Fuente: González R. (2007)

Los indicadores económicos y sociales de Malawi nos pondrán de manifiesto la realidad de uno de los países más pobres del mundo.

Como complemento se utilizarán algunos informes internacionales y artículos de prensa o revistas que comentan la paradoja de los médicos de Malawi que trabajan en Europa frente una sanidad interior muy escasa y dependiente de voluntarios extranjeros.

Finalmente, también se analizará la estructura productiva de Malawi, y su potencial. Esto nos dará una idea de la importancia que tienen para el país las comunicaciones internacionales y su alejamiento del litoral.

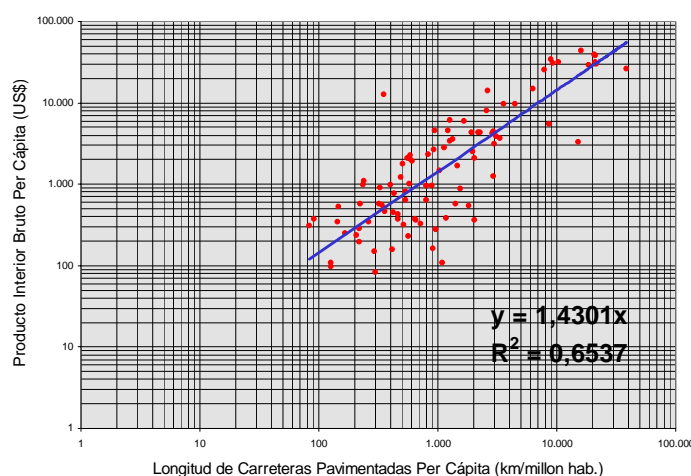
Los datos del comercio exterior de este país son especialmente significativos. Por una parte ponen de relieve que la obertura comercial es relativamente baja, lo que puede ser debido a su situación geográfica lejos del litoral y además es una de las causas de su nivel de desarrollo. Por otra parte, es un exportador de productos agrícolas a países desarrollados, lo que le hace muy dependiente del transporte hacia puerto en los que se canalizan hacia Europa y Estados Unidos.

A partir de esta realidad, se trata de plantear a los estudiantes si las políticas de infraestructuras de transporte pueden ayudar a mejorar la situación del país, y cuales serian los condicionantes derivados de su propia situación de país sin litoral.

## Segunda sesión. Infraestructuras y desarrollo

En la segunda sesión se tratará de la relación entre dotación de infraestructuras y desarrollo económico.

Cuadro 3: Relación entre una variable macroeconómica (PIB) y una variable representativa de la dotación de infraestructuras de transporte en países en desarrollo



Fuente: Carpintero S. (2005)

Se analizaran diversos estudios realizados en las últimas décadas y se pondrá el énfasis en alguno de los pocos existentes que analizan el caso de países en desarrollo.

En ellos se muestra la relación entre infraestructuras de transporte y desarrollo. Se analizará también la relación de causalidad. ¿Son las infraestructuras de transporte las que promueven el desarrollo o es el desarrollo el que promueve la construcción de infraestructura de transporte? A través de diagramas temporales se concluye que en la mayoría de los casos las Infraestructuras de transporte preceden al desarrollo, especialmente en países no desarrollados.

Finalmente, se mostraran las principales rutas de transporte que utiliza Malawi para exportar sus productos, especificando las distancias y los costes de la exportación de un FEU (contenedores de 40 pies desde Lilongwe a Hamburgo).

### *RUTA 1: Lilongwe –Puerto de Nacala*

- . Distancia: 995 km. 10 -20 días.
- . Modo: ferrocarril.
- . Coste: 4.939 U\$ por contenedor. (15,6%)

### *RUTA 2: Lilongwe –Port Beira*

- . Distancia: 1.195 km. 3 -5 días.
- . Modo: transporte por carretera.
- . Coste: 4.729 U\$ por contenedor. (28,9%)



### *RUTA 3: Lilongwe –Port Durban*

- . Distancia: 2.669 km. 6 -7 días.
- . Modo: transporte por carretera.
- . Coste: 5.276 U\$ por contenedor. (47,9%)

Se comentará la paradoja, muy importante para la futura planificación de infraestructuras del país, que el corredor más largo y más caro sea también el más utilizado, lo que permitirá introducir los conceptos de costos monetarios, no monetarios, el coste del tiempo o el riesgo.

### **Tercera sesión. Política de inversiones para Malawi**

Las dos sesiones anteriores habrán servido para situar los dos problemas básicos: desarrollo e infraestructuras de transporte. La tercera sesión plantea resolver cuál debería ser la planificación de las infraestructuras de transporte prioritaria para Malawi.

Se pondrán en común los comentarios de los diferentes grupos que hayan trabajado el tema. No se trata que ellos planteen una política de infraestructuras, ya que no tienen ni los conocimientos ni la información sobre la zona necesaria más allá de la que les ha suministrado las dos semanas anteriores, sino que sean capaces de reflexionar sobre cuales deberían ser las cuestiones claves para tomar una decisión.

Una vez debatido el tema se planteará una posible solución para ser analizada en conjunto.

Esta solución se centrará en potenciar uno de los corredores, el de Nacala, como eje del transporte intercontinental, ya que es la ruta más corta, económica y eficiente, siendo además un corredor ferroviario. Este corredor además tiene diferentes proyectos de reforma en estudio por parte de Organismos Internacionales (Banco Mundial, Unión Europea, etc.) que podrían invertir tanto en Mozambique como en Malawi. Una mejora de este corredor permitiría reestructurar los flujos de transporte internos para dotarlos de una mayor racionalidad y eficiencia.

Una vez planteado esta propuesta quedan por hacer tres reflexiones:

La rentabilidad de las inversiones en términos sociales, es decir para la economía del país. Un factor importante pero que es todavía más necesario en países subdesarrollados, particularmente en África, debido a la falta de recursos. La cuantificación de la reducción de los costes de transporte y las posibles actividades que podrían generarse nos debería ayudar a tomar la decisión. Los estudios disponibles sobre Nacala son en este sentido muy positivos. La disponibilidad de recursos. Las inversiones para impulsar el corredor de Nacala ascienden a 192 millones de \$, una cifra relativamente baja, que además puede ser financiada en parte por organismos internacionales. Cifras muy inferiores a los beneficios que podrían llegar a generar.

La necesidad de integrar economías regionales. Por muy importantes que puedan ser los beneficios para Malawi, solamente podrán llevarse a término con la complicidad de Mozambique. Además, es muy probable que sean las inversiones en Mozambique las que generen efectos beneficiosos sobre la economía de Malawi. Por tanto, los organismos internacionales deberían tener en cuenta estos factores cuando planifican proyectos de cooperación con Malawi. La integración económica regional y los consensos con Mozambique son claves. Un país sin litoral debe cooperar con sus vecinos.

### **3.4 Descripción del material necesario para las sesiones**

Las sesiones se estructuran básicamente alrededor de la presentación que se aporta como anejo a este artículo.

Además, se utilizarán estadísticas de organismos internacionales, informes económicos y artículos de prensa y revistas.

Disponer en el aula de un ordenador con acceso a Internet permitirá acceder on-line en las bases de datos de estos organismos, y será un elemento adicional para que los estudiantes se familiaricen con los conceptos relacionados con la cooperación y el desarrollo.

### ***3.5 Evaluación y seguimiento del aprendizaje de los alumnos***

La asignatura de ECONOMIA es anual, y consta de 30 sesiones. El material docente se utilizará en tres de ellas, por tanto, la evaluación y seguimiento de los alumnos en este tema deberá integrarse en el seguimiento global del alumno.

Los test y trabajos que se diseñen como forma de evaluación incluirán las materias tratadas en el material docente.

Por otra parte, una parte de la evaluación de la asignatura se consigue a través de un trabajo que hay que presentar a final de curso. Uno de los temas del trabajo podría estar relacionado con el material docente.

En el caso que este material se aplique a un curso de postgrado en temas de sostenibilidad, la evaluación podría estar ligada a aplicar los factores que hemos visto en el caso de Malawi a otro país o región que tenga una problemática similar. Un posible ejemplo podría ser Bolivia.

#### ***Enunciado del ejercicio***

Bolivia fue un país con litoral hasta que en el 1879, durante la Guerra del Pacífico perdió los más de 400 Km. de costa en beneficio de Chile. Actualmente Bolivia, junto a Paraguay, son los dos Países Sin Litoral de Suramérica.

Como en el caso de Malawi, y con la misma metodología, discutir la situación actual y proponer mejoras para Bolivia. Los puntos que deberían cubrirse son:

- a) Identificación territorial del status socioeconómico y comercial de Bolivia
- b) Identificación del estado actual de la red de transporte: rutas para la exportación e importación. Modos de transporte. Distancia y tiempo de transporte. Share y costes de transporte de cada ruta (a veces no son fáciles de evaluar). Políticas de transporte.
- c) A partir de discutir la problemática de la situación actual. Puntos críticos. Mala gestión. Mal uso de modos. Costes desproporcionados.
- d) Propuesta de un nuevo planeamiento de transporte óptimo. División del país en regiones productivas. Identificación de la ruta óptima para cada una de ellas en función del origen/destino de las exportaciones /importaciones de la región. Análisis de las infraestructuras de transporte disponibles (transporte terrestre, puertos hubs, etc.). Uso racional de los diferentes modos de transporte.

Los resultados obtenidos pueden distar del caso de Malawi. Cada país es distinto. En Bolivia, los hidrocarburos pesan mucho en el PIB, son producto que precisa de un modo de transporte específico, lo que influye en el análisis. La visión integral es vital para hacer un estudio de esta magnitud.

Finalmente, pese a que Bolivia es el país más pobre de América del Sur, no es comparable a los niveles de Malawi (PIB PPA 3.100 Bolivia vs. 600 Malawi). Por tanto, cualquier alteración

positiva que se haga en la red de infraestructuras de transporte no será tan beneficioso como las analizadas en el caso de Malawi.

#### 4. Referencias

- Aschauer, D.(1989) *Is public Expenditure Productive?* Journal of Monetary Economics, vol.23.
- Carpintero S. (2005) *Infraestructuras de transporte y desarrollo*, Cátedra Abertis, Barcelona.
- Escap (2003) *Transit Transport Issues in Landlocked and Transit Developing Countries*, Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, Bangkok.
- Garola A. (2000) *Impacto socioeconómico de una eje viario*, V congreso internacional de ingeniería de proyectos.
- González R.(2007), *Infraestructuras y desarrollo de un país sin litoral: el caso de Malawi*, Tesina presentada en ETSECCPB
- Robusté F., Garola A., Ulied A., Salas M. *Las infraestructuras de movilidad en Cataluña*, Cercle d'Economia 2005.
- Sachs, J. Larrain, F. *Bolivia: On the road to development* World Bank, Santiago de Chile.



## **Diseño de adaptación de un proceso productivo en Ghana para la exportación de cables eléctricos de baja tensión**

Joan Masarnau, Ma. Lluïsa Puig Solé

736 Projectes d'Enginyeria

Universitat Politècnica de Catalunya

Av. Diagonal 647 – 08028 Barcelona

masarnau@eic.ictnet.es; mll.puig.sole@gmail.com

### **1. Contexto**

Se presenta la modificación de la asignatura *Projectos* del departamento de Proyectos de Ingeniería de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona (ETSEIB) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

|              |  |
|--------------|--|
| Universidad  | Universitat Politècnica de Catalunya           |
| Centro       | 240 E.T.S d'Enginyeria Industrial de Barcelona |
| Titulación   | Ingeniería Industrial                          |
| Departamento | 736 Proyectos de Ingeniería                    |
| Asignatura   | 25703 Proyectos (5º, Q9)                       |
| Créditos     | 6 (truncal)                                    |
| No. Alumnos  | 150  |

Se pretende explicar, en paralelo a los conceptos teóricos de la asignatura, el desarrollo de un proyecto real de cooperación implantado por un alumno del curso anterior en su Proyecto Final de Carrera. El proyecto cumple todos los aspectos que imparte la asignatura y pretende consolidar los conceptos mediante la exposición de un caso particular.

El proyecto propuesto además de cumplir con el objetivo global de la asignatura pretende introducir los siguientes conceptos:

- **Necesidad de desarrollar proyectos sostenibles**
- **Colaboración de estudiantes para proyectos de cooperación al desarrollo**

El proyecto '*Diseño de adaptación del proceso productivo de REROY CABLES GHANA para la exportación de cables eléctricos de Baja Tensión*' ha sido el que aglutina los distintos requerimientos docentes para su óptima candidatura.

*REROY CABLES GHANA* es una industria Ghanesa especializada en la producción de diferentes cables de Baja Tensión. La industria esta localizada en la industrializada ciudad de Tema, a 20Km de la capital.

Esta Industria mediana surgió de un pequeño negocio de compra-venta de cables eléctricos de Baja Tensión y, debido a su rápida expansión, empezó a producir para ampliar el negocio. Actualmente, la empresa familiar es una industria consolidada que afronta una reciente inversión de automatización industrial.

Este proyecto analiza el funcionamiento global de la empresa, desde el análisis del proceso productivo hasta la implementación del nuevo plan estratégico, siempre desde la sostenibilidad de las soluciones planteadas. Las partes del proyecto son las siguientes:

- **Análisis.** Se analiza el mercado ghanés, el proceso productivo, la calidad del producto final, la logística y la gestión del negocio.

- Diagnósis. A partir del análisis se define el estado de la empresa en general y concretando los distintos puntos fuertes y flancos de la industria.
- Soluciones. Se plantea una serie de sugerencias para poder afrontar los retos que se presentan de una forma óptima. Se hace hincapié en el proceso de producción para aportar la calidad deseada y en la gestión que deben seguir para poder exportar el producto final dentro del estricto mercado de la UE.

La implantación de este proyecto podrá contribuir al desarrollo humano de la sociedad Ghanesa partiendo del desarrollo industrial. Este desarrollo se ha procurado que sea sostenible explicando la correcta conducta de la actividad industrial. Además el proyecto remarca ciertos aspectos de la responsabilidad social de la industria que, si son cumplidos, contribuirán decisivamente a un desarrollo humano y social del entorno de la actividad industrial. Otro aspecto remarcable del proyecto es el plan de formación de los empleados para desarrollar un aprendizaje cooperativo que perdure con el paso del tiempo.

A continuación se exponen los conceptos que la modificación de la asignatura pretende impartir:

#### *Necesidad de desarrollar proyectos sostenibles y con responsabilidad social corporativa*

Debido a la expansión económica que empieza a despuntar en el país Ghanés requiere un sobreesfuerzo para poder desarrollar proyectos sostenibles. Actualmente, en el mundo y en especial en Ghana, no hay una sensibilidad sólida acerca de la sostenibilidad, contribuyendo así a la tendencia global de desarrollo insostenible.

El presente proyecto ha sido elegido por distintas causas ampliamente explicadas en este documento, pero merece una explicación mas detallada en el capítulo de sostenibilidad. En Ghana existe un déficit general de educación que se puede observar desde el mundo industrial hasta el día a día de la población. Este hecho nos presenta una oportunidad para, además de enseñar la óptima gestión del negocio industrial, inculcar valores de sostenibilidad para poder sentar las bases de un desarrollo sostenible del país.

El concepto de sostenibilidad se basa en los siguientes tres ejes: viabilidad económica, viabilidad medioambiental y viabilidad social. A continuación presentamos los argumentos de los tres puntos en relación con el proyecto presentado.

- *Viabilidad económica:* Cualquier proyecto debe ser viablemente económico para asegurar el futuro de éste. Se pretende incorporar la idea que un proyecto de cooperación puede ser, también, económicamente viable. Además, se pretende exponer al estudiante la necesidad de conseguir una financiación para proyectos de desarrollo, teniendo que presentar un análisis exhaustivo de la viabilidad económica para justificar la financiación altruista solicitada. El proyecto presentará los resultados de viabilidad económica a partir de estudiar los resultados económicos de la industria, el mercado donde ésta actúa y la necesidad del producto final en los mercados.
- *Viabilidad medioambiental:* Se enfatizará en la necesidad del cumplimiento de la normativa medioambiental de proyectos de cooperación y desarrollo, aunque ellos se desarrollen en zonas en las que no se regule éste punto o las leyes vigentes no sean suficientemente estrictas. Se pretende demostrar la teoría que expone que la protección ambiental está directamente relacionado con el factor de desarrollo económico. Finalmente, se pretende inculcar los valores medioambientales relacionados con el diseño de un proyecto tanto a los estudiantes como a los directivos de las industrias Ghanesas.

- *Viabilidad social:* Todo proyecto debe defender los beneficios que aporta éste a la sociedad. Se expondrán los beneficios de un proyecto de cooperación tales como el desarrollo humano, la diversidad y el aprendizaje cooperativo. Debido a la naturaleza del proyecto, éste tiene una marcada vertiente social. De la implementación del proyecto puede desencadenar en un importante crecimiento en el sector industrial, colaborando en la reducción del paro, aumentando la producción y facilitando la exportación.

Se pondrá especial énfasis en éste concepto, añadiendo en el temario un nuevo tema dedicado a la realización de un proyecto sostenible.

El proyecto se ha elegido teniendo en cuenta las creencias y restricciones de la empresa. El plan estratégico que se elaborará potenciará la responsabilidad social de ésta, refiriéndose a:

- *Responsabilidad económica:* El proyecto pretende aumentar los beneficios, no solamente de la propia empresa Reroy Cables, sino también de las empresas que de ella dependen (empresas de materia prima, transportistas, embalajes...)
- *Responsabilidad legal:* La empresa deberá seguir las normativas de Ghana y de los países a exportar.
- *Responsabilidad ética:* Se tiene un gran interés en fomentar una conducta ética de la empresa, no solamente tendrá que cumplir el marco legal permitido, sino también se demandará que ésta forme parte de la fundación COWI (fundación danesa que promueve un Código Ético entre las empresas de Ghana).

#### *Colaboración de estudiantes para proyectos de cooperación en países subdesarrollados*

Debido al hecho que los estudiantes deben desarrollar un proyecto tutelado para el cumplimiento de la asignatura y, posteriormente, deberán desarrollar el Proyecto Fin de Carrera (PFC), se pretende informar a los estudiantes de la posibilidad de desarrollar un PFC de cooperación al desarrollo o al desarrollo social, sembrando una inquietud en ellos que les lleve a querer participar en ellos.

La asignatura en la que se incluirán estas modificaciones es del último curso, lo que conlleva que los alumnos en plantearse el PFC tendrán las herramientas y facilidades necesarias para tener en cuenta ésta posibilidad. El motivo por el cual se ha elegido exponer el proyecto descrito es fruto de una iniciativa de una estudiante del curso anterior.

El proyecto presentado se realizó en cooperación en África Tropical juntamente con una organización no gubernamental. Se planteó la posibilidad de conciliar la creciente demanda de proyectos de desarrollo con la oferta de estudiantes para desarrollar proyectos en distintas asignaturas.

CEO's Without Borders es una fundación dedicada a contactar empresas del tercer mundo con empresas del mismo sector de países desarrollados. Dedicada a la promoción del crecimiento económico en países subdesarrollados. Consideran que desde la posición de liderazgo, las empresas deben compartir experiencias de su negocio para la implicación en el desarrollo de un negocio similar en un país subdesarrollado. Desde el año 2006 se ha formalizado la regulación de la organización no gubernamental asentada en Nueva York y España. La organización se financia exclusivamente con contribuciones de sectores privados e individuales.

La fundación desarrolla proyectos en países tercer mundistas y planteó la oportunidad de conciliar esta oferta y demanda, mediante la realización de éste. Se deja además la puerta abierta a otros proyectos a desarrollar pendientes de estudiantes que pretendan hacerlo.

La elección de este proyecto, en detrimento de otros, para ser utilizado en la modificación de la asignatura responde a los siguientes argumentos.

- Para lograr el objetivo de consolidar al alumno la parte teórica de la asignatura se pretende un proyecto que refleje claramente los puntos impartidos para desarrollar un proyecto: análisis, desarrollo e implementación. Además, el proyecto debe contener también el concepto desarrollo para lograr el primer objetivo de la modificación de la asignatura.
- Por este motivo, el presente proyecto cumple todas las condiciones requeridas por el equipo del departamento y cumple con los objetivos de la asignatura y de la modificación propuesta.
- El presente proyecto se enmarca en las nuevas necesidades de la creciente industria Ghanesa. Debido a la expansión industrial que actualmente hay en Ghana, las industrias deben evolucionar en sus procesos productivos y en su gestión empresarial para poder seguir el fuerte ritmo de crecimiento.
- La elección se ha hecho partiendo de las creencias expuestas a continuación:
  - El sector privado es el mecanismo más eficiente y efectivo para promover el crecimiento económico y paliar la pobreza mediante la creación de lugares de trabajo y contribuyendo al crecimiento de las sociedades menos desarrolladas.
  - El sector privado del primer mundo pueden y deberían jugar un papel prioritario en el rol de promover el sector privado en los países subdesarrollados.
  - Las mejores maneras de aproximarse al desarrollo y erradicación de la pobreza son las que raramente caben en los mecanismos de mercado, hecho que requiere la implicación altruista.
- Como se ha comentado, la industria de este proyecto requería conocimientos para poder afrontar su expansión de negocio. Asumiendo los puntos descritos, el estudiante podrá realizar un proyecto e implantarlo en un país subdesarrollado y contribuir así al crecimiento de las sociedades menos desarrolladas.

## **Esquema**

*Ejes:* Sostenibilidad, Desarrollo Humano, Ética y Responsabilidad Social, Diversidad/Multiculturalidad y Aprendizaje Cooperativo.

*Módulo:* Diseño de adaptación de un proceso productivo en GHANA para la exportación de cables eléctricos de Baja Tensión



| OBJETIVOS  | METODOLOGÍA  | SISTEMA DE EVALUACIÓN  | TEMPORALIZACIÓN  |
|--|--|--|--|
| <p>CONCEPTUALES</p> <p><b>Desarrollar una visión global e integradora</b> de los elementos clave en la dirección y gestión de procesos de cooperación al desarrollo y ayuda humanitaria que se sustentan en aplicaciones propias de las ingenierías.</p> <p><b>Disponer de criterios</b> para la toma de decisiones, tanto operativas como estratégicas, relativas a aspectos tecnológicos en contextos de promoción del desarrollo humano y actividades de ayuda humanitaria.</p> <p><b>Conocimiento</b> de la <b>normativa</b> de manera específica.</p> <p>Introducción del concepto de <b>desarrollo humano y aprendizaje cooperativo.</b></p> <p><b>Comprender el funcionamiento de una industria africana</b>, las diferencias y semejanzas que puede haber con las estudiadas en nuestro entorno y las dimensiones económicas, sociales y medioambientales, y facilitar un nuevo punto de vista al estudiante.</p> <p><b>Establecer órdenes de magnitud</b> de las necesidades en Países en Desarrollo.</p> <p>ACTITUDINALES</p> <p>Dotar de <b>conocimientos y aptitudes profesionales</b> para la participación activa en proyectos y programas de cooperación para el desarrollo y ayuda humanitaria en los que se utilicen técnicas y conocimientos propios de las ingenierías.</p> <p><b>Sensibilidad</b> hacia los problemas relacionados con la sostenibilidad, aprendizaje cooperativo y desarrollo humano.</p> <p><b>Actitud positiva y participativa</b> frente la industria de países menos desarrollados, así como la concienciación de las necesidades de éstos,</p> <p><b>Promover</b> entre los alumnos <b>actitudes</b> favorables a la cooperación y solidaridad entre pueblos. Sensibilización social</p> <p><b>Concienciación</b> de los alumnos sobre los <b>proyectos de cooperación.</b></p> <p>Fomentar la <b>reflexión y el razonamiento crítico</b> apoyado en conocimientos y argumentos.</p> | <p>Introducción de nueva teoría: Mediante el apoyo de las diapositivas PowerPoint, el profesor expone los conceptos fundamentales y tendrá una postura participativa con los alumnos.</p> <p>Ejemplificación con el proyecto: Los temas expuestos en las sesiones teóricas, será ejemplificada mediante el proyecto anteriormente descrito.</p> <p>En las sesiones prácticas se valorará y fomentará el aprendizaje cooperativo de manera conciente.</p> <p>Instrumentos de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sesiones teóricas de exposición de temas.</li> <li>- Ejemplificación del temario</li> <li>- Charla de un experto en la implantación de proyectos de cooperación para el desarrollo.</li> </ul> | <p>Examen final:<br/>Un porcentaje proporcional al temario de preguntas test del examen final.</p> <p>Evaluación continuada:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Participación en los debates</li> <li>- Tests de auto evaluación de cada uno de los temas.</li> <li>- Realización de las diferentes actividades planteadas para la consecución de los objetivos propuestos.</li> </ul> <p>Evaluación del comportamiento del alumno en las sesiones de prácticas en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- colaboración</li> <li>- compromiso con el grupo de trabajo</li> <li>- confianza mutua entre el grupo</li> </ul> | <p>1 clases teórica de 2 horas</p> <p>Tiempo de ejemplificación en las clases teóricas. (aproximadamente 1/4h cada clase; 2 horas)</p> <p>Exposición de un experto de 2 horas.</p> |

| OBJETIVOS  | METODOLOGÍA   | SISTEMA DE EVALUACIÓN | TEMPORALIZACIÓN |
|--|---|-----------------------|-----------------|
| <p>Sembrar una <b>inquietud</b> y <b>nuevas perspectivas</b> en los estudiantes que les lleve a <b>participar</b> en organizaciones, a profundizar en otros foros de formación, y a realizar el PFC en temas de cooperación y el desarrollo.</p> <p>PROCEDIMENTALES</p> <p>Conocimiento del procedimiento de <b>realización</b> de un <b>proyecto Cooperativo para el Desarrollo</b>.</p> <p>Conocimiento de los <b>requisitos, limitaciones</b> y <b>financiación</b> de los <b>proyectos de cooperación</b>.</p> <p>Saber <b>ordenar</b> las <b>ideas</b> para facilitar la realización de linealizar un proyecto final sostenible.</p> <p><b>Fomentar</b> la capacidad de los alumnos para <b>identificar soluciones</b> alternativas en proyectos de Cooperación al Desarrollo destinados a colaborar con industrias de países subdesarrollados, analizarlas y <b>medir sus consecuencias</b>.</p> <p><b>Valorar la viabilidad y los impactos</b> económicos, ambientales y sociales de la implantación de los proyectos en países subdesarrollados.</p> | <p>Instrumentos de apoyo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El alumno podrá acceder a toda la información mediante su Intranet</li> <li>- Cada uno de los temas desarrollados en el aula dispondrá en la Intranet (Campus Digital) de su correspondiente material de seguimiento y material complementario (textos, presentaciones, artículos, etc.).</li> </ul> |                       |                 |

## 2. Descripción de las sesiones

El temario comentado se introducirá en las sesiones de teoría.

### *Objetivos de las sesiones*

- Se pretende promover entre los alumnos actitudes favorables a la cooperación y solidaridad entre pueblos. Sensibilización social
- Concienciación de los alumnos sobre los proyectos de cooperación, creándose temas dentro el temario de la asignatura dedicados a ellos y su importancia. La repercusión de éste proyecto será de gran importancia, dado que la asignatura es de quinto curso. Es por ello que los alumnos de último curso, tendrán un referente si deciden dedicar su Proyecto Fin de Carrera a temas de cooperación, así como se les incentivará a ello.
- Reflexionar sobre sostenibilidad y cooperación

### *Metodología y temporalización en las sesiones*

Se procederá a estudiar las diferentes fases que constituyen el desarrollo completo de un proyecto. Dicho estudio estará compuesto de parte teórica y práctica.

Se introducirá el proyecto expuesto desde diferentes ópticas:

1. *Introducción de temario:* El estudio de los diferentes temas se impartirá basándose en un caso real de un proyecto de desarrollo. El objetivo que se pretende es enseñar las bases de la metodología de desarrollo del proyecto presentado y al mismo tiempo concienciar del desarrollo al estudiante.  
Se han introducido en el temario 2 temas (tema 2 y 8) de 1 sesión de 2 y 1 hora respectivamente, incidiendo en los temas de cooperación y sostenibilidad de los proyectos.  
La exposición de temas se hará con apoyo de presentaciones en Power Point y la teoría en la Intranet (Campus Digital).
2. *Ejemplificación:* Durante todas las sesiones prácticas, se irá ejemplificando el temario mediante el proyecto expuesto.
3. *Debates participativos:* *Debates relacionados donde los alumnos deberán reflexionar sobre los proyectos de desarrollo y del proyecto presentado. Se pretende así la reflexión de los alumnos y el intercambio de ideas entre ellos.*
4. *Charla de un experto*

### *Descripción general de las sesiones*

1. *Introducción de temario:* Los temas incluidos se detallan y explican a continuación (se adjunta en el CD la presentación en Power Point que estará al abaste de los alumnos en la Intranet) :

#### TEMA 2. INTRODUCCIÓN A LOS PROYECTOS DE COOPERACIÓN (2 horas)

- 2.1 Introducción
- 2.2 Desarrollo humano
- 2.3 Fases del Proyecto
- 2.4 Enfoque del Marco Lógico
- 2.5 Tecnologías apropiadas
- 2.6 Aspectos financieros

Este tema pretende dotar a los alumnos de las mínimas herramientas necesarias para poder elaborar y diseñar de forma coherente un proyecto de cooperación para el desarrollo.

## TEMA 8 METODOLOGÍA B.A.S.I.S

- 8.1 Introducción
- 8.2 Elementos constituyentes
  - 8.2.1 Nuevo enfoque cognitivo
  - 8.2.2 Proceso de 5 fases - estrategias sostenibles
  - 8.2.3 Acción-Investigación y Gestión de proyectos
  - 8.2.4 Involucración de los actores
- 8.3 Procedimiento integrado
  - 8.3.1 Gestión y construcción de la colaboración
  - 8.3.2 Construcción de la sostenibilidad
  - 8.3.3 Valor añadido a la Metodología BASIS

La metodología presentada, basada en estrategias de innovación sostenible, pretende ser una herramienta para el alumno para estructurar las ideas para realizar el proyecto de manera lineal, teniendo en cuenta la sostenibilidad.

2. *Ejemplificación:* Teniendo en cuenta que una de las mejores metodologías didácticas para la adquisición de competencias por parte de los alumnos es mediante el estudio de un caso, se hará referencia al proyecto presentado como complemento de la teoría.

Incluyendo los 2 temas comentados anteriormente, el temario final queda de la siguiente manera:

(Se especifica la ejemplificación referente al proyecto presentado y se incluye en el anexo 1 el desglose de cada tema)

### TEMA 1 EL PROYECTO Y SUS FASES (2 horas)

Ejemplificación de la estructura de un proyecto mediante el proyecto presentado, presentando sus fases y planteamiento.

### TEMA 2 INTRODUCCIÓN A LOS PROYECTOS DE COOPERACIÓN (2 horas)

Profundización en los requerimientos de los proyectos genéricos de cooperación para el desarrollo.

### TEMA 3 SISTEMAS, USUARIOS Y FUNCIONES (3 horas)

Ejemplos de ‘Análisis Funcional’, ‘Abstracción en funciones generales y específicas’, ‘Análisis de Valor’ y ‘Análisis de las funciones’ extraídos del proyecto presentado.

Introducción en el concepto de diversidad y necesidades.

### TEMA 4 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS (2 horas)

Debate de las diferentes alternativas del proyecto de exportación.

Se presentará la normativa requerida en el proyecto de cooperación presentado, así como los trámites a llevar a cabo.

### TEMA 5 ESTUDIO DE VIABILIDAD (2 horas)

Introducción del concepto de financiación de un proyecto de cooperación para llevarlo a cabo.

Ejemplificación de viabilidad, localización, presupuesto y estudio de rentabilidad.

Énfasis en el concepto de sostenibilidad.

**TEMA 6 DIRECCIÓN DE PROYECTOS (2 horas)**

Se presentarán las diferentes implicaciones de las partes cooperantes en la realización del proyecto (UPC, Reroy Cables Ghana y CEOs Without Borders), así como las responsabilidades adquiridas por ellas.

**TEMA 7 LA COMUNICACIÓN EN LOS PROYECTOS (2 horas)**

Introducción al aprendizaje cooperativo entre las diferentes partes ya expuestas.

**TEMA 8. METODOLOGÍA B.A.S.I.S (1 horas)**

La metodología presentada, basada en estrategias de innovación sostenible, pretende ser una herramienta para el alumno para estructurar las ideas para realizar el proyecto de manera lineal, teniendo en cuenta la sostenibilidad.

45 horas en ejercicios prácticos de desarrollo de los diferentes puntos del contenido, y en las que se podrá valorar la actitud del alumno.

2. Debates participativos: *se determinarán espacios de tiempo dedicados al debate entre alumnos. En éstos se deberá reflexionar sobre los proyectos de desarrollo y del proyecto presentado. Se pretende así la discusión entre alumnos y el intercambio de ideas entre ellos.*

Es importante el equilibrio entre potenciar la participación y el diálogo, con el rigor y la fundamentación de los temas a tratar.

3. Conferencia de un experto: *El conferencista será un experto en proyectos de cooperación para el desarrollo. Ésta se llevará a cabo en el horario de prácticas y tendrá una duración de 2 horas. Se presentará y profundizará en los temas de cooperación a juicio del conferencista; situación actual y necesidades. Después de ésta, se llevará a cabo el turno de preguntas y un debate regido por el propio experto.*

Los testimonios directos de personas implicadas en proyectos concretos o el contacto directo con actividades de desarrollo social, son muy eficaces para generar cambios de actitudes entre los estudiantes.

*Material necesario y complementario*

Se añadirán los temas nuevos en los apuntes de teoría de la Intranet.

Se introducirá también en las presentaciones de Power Point los temas explicados, así como los ejemplos referidos al proyecto anterior.

*Evaluación y seguimiento del aprendizaje*

La evaluación de la asimilación de los conceptos expuestos en las sesiones teóricas se lleva a cabo mediante:

- evaluación continuada de participación en las sesiones teóricas y prácticas.
- evaluación continuada del comportamiento del alumno en las sesiones prácticas respecto al resto de alumnos del mismo grupo y otros grupos.
- preguntas test del examen final de la asignatura.

#### **4. Recursos**

En la Intranet (Campus Digital) se encontrará:

- Presentación en Power Point de los temas incluidos.
- Apuntes de teoría de los temas incluidos.

- Proyecto ejemplo: ‘Diseño de adaptación del proceso productivo de Reroy Cables Ghana para la exportación de cables eléctricos de Baja Tensión’.
- Material audiovisual necesario (fotografías y cortos)
- Material derivado de la charla del experto.

Se proporcionará información sobre las ayudas en proyectos de cooperación: Centro de Cooperación y Desarrollo de la UPC, Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI), Ingenieros Sin Fronteras, CEOs Without Borders...

## 5. Bibliografía

William Easterly - *The Elusive Quest for Growth: Economists' Adventures and Misadventures in the Tropics* - (Ed. The MIT Press, 2002)

Jeffrey Sachs - *The End of Poverty: Economic Possibilities for Our Time* - (Ed. Penguin, 2006)

Ingeniería Sin Fronteras de la Universidad Politécnica de Valencia - *Tecnologías apropiadas en los proyectos de cooperación para el desarrollo*. (Ed. Asociación Ingenieros Sin Fronteras - 2004)

Alejandra Boni, Gabriel Ferrero - *Introducción a la cooperación para el desarrollo* (Ed. Loma-Osorio, 2004)

Pérez , A. ; Morales,M., Saz, A. – *Introducción a la Cooperación al Desarrollo para las Ingenierías* (Ed. Associació Catalana d'Enginyers Sense Fronteres, 2000)

Boni, A., Ferrero, G. Ingeniería Sin Fronteras, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. - *Introducción a la cooperación para el desarrollo* (Ed. Asociación Ingenieros Sin Fronteras - 1997)

## El análisis de datos estadístico en cooperación para el desarrollo: algunos casos prácticos

*Ma. Isabel Ortego i José Gibergans-Báguena*

Departament Matemàtica Aplicada III

ETSECCPB - Universitat Politècnica de Catalunya

C/ Jordi Girona, 1-3, Mòdul C2– 08034 Barcelona

ma.isabel.ortego@upc.edu

### 1. Contexto

Universidad: Universitat Politècnica de Catalunya

Titulación: Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos / Ingeniería Geológica / Ingeniería Técnica en Obras Públicas

Centro: 250 E.T.S d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports de Barcelona

| Asignatura                                 | Departamento            | No. Alumnos |
|--|-------------------------|-------------|
| 18017 Probabilitat i Estadística (Caminos) | Matemàtica Aplicada III | 230         |
| 18623 Estadística (I.G.)                   | Matemàtica Aplicada III | 30          |
| 18306 Estadística (O.P.)                   | Matemàtica Aplicada III | 190         |
| 18112 Anàlisis de Datos                    | Matemàtica Aplicada III | 20          |
| 18725 Geostatística                        | Matemàtica Aplicada III | 20          |

Titulación: Ingeniería Técnica Industrial

Centro: 190 E..U. d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona

| Asignatura  | Departamento            | No. Alumnos |
|---|-------------------------|-------------|
| 15412 Métodos Estadísticos de la Ingeniería (Esp. Electricidad) | Matemàtica Aplicada III | 40          |
| 15712 Métodos Estadísticos de la Ingeniería (Esp. Química Ind.) | Matemàtica Aplicada III | 40          |
| 15514 Métodos Estadísticos de la Ingeniería (Esp. Electrónica ) | Matemàtica Aplicada III | 80          |
| 15613 Métodos Estadísticos de la Ingeniería (Esp. Mecánica)     | Matemàtica Aplicada III | 80          |

Titulación: Master Oficial en Sostenibilidad

| Asignatura  | Departamento            | No. Alumnos |
|---|-------------------------|-------------|
| 51600 Servicios Básicos y Desarrollo en Entornos Rurales Deprimidos | Matemàtica Aplicada III | 60          |

Titulación: Master Oficial Agricultura para el Desarrollo

| Asignatura  | Departamento            | No. Alumnos |
|---|-------------------------|-------------|
| 51600 Servicios Básicos y Desarrollo en Entornos Rurales Deprimidos | Matemàtica Aplicada III | 40          |

### 2. Esquema

Ejes: sostenibilidad; desarrollo humano; complejidad / transdisciplinariedad y aprendizaje cooperativo

| OBJETIVOS   | METODOLOGÍA  | SISTEMA DE EVALUACIÓN   | TEMPORALIZACIÓN   |
|---|--|---|---|
| <p>CONCEPTUALES</p> <p><b>Obtener</b> información, tanto de fuentes primarias como secundarias.</p> <p><b>Conocer</b> los procedimientos estadísticos para la recogida, organización y descripción de los datos.</p> <p><b>Conocer</b> las técnicas e instrumentos estadísticos para describir un conjunto de datos.</p> <p><b>Seleccionar</b> la técnica más adecuada para resumir y transformar los datos en información útil para tomar decisiones.</p> <p><b>Exponer</b> con claridad un problema, utilizar los instrumentos para su análisis e interpretar los resultados en el contexto en que se originan los datos, destacando las características relevantes.</p> <p><b>Comprender la relación entre el acceso a la energía y el desarrollo humano</b> en sus dimensiones económicas, sociales y medioambientales, así como su relación con el desarrollo sostenible.</p> <p><b>Conocer</b> y distinguir las particularidades de las diferentes tecnologías energéticas que aprovechan <b>fuentes de energía renovable</b>: evaluación de recursos, principios tecnológicos, ventajas y barreras, aplicabilidad y dimensionado.</p> <p><b>Reconocer</b> las aportaciones básicas de los proyectos de ingeniería desde la perspectiva de la <b>promoción integral del desarrollo humano</b> a través de acciones de cooperación al desarrollo</p> | <p>La metodología de trabajo está basada en la investigación y la acción participativa, combinando sesiones expositivas con debates y conferencias, así como con el trabajo en grupo.</p> <p>El aprendizaje se fundamenta en la participación y el trabajo en equipo, potenciando la resolución de tareas mediante la aplicación de sistemas de discusión y participación que posibilitan una generación de conocimiento colectivo.</p> <p>Instrumentos de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sesiones teóricas de exposición de temas.</li> <li>- Sesiones de problemas. Resolución colectiva de ejercicios ilustrativos.</li> <li>- Realización de trabajos dirigidos en grupo.</li> <li>- Charla de un experto.</li> </ul> | <p>Evaluación continuada:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluación de los trabajos dirigidos</li> <li>- Participación en los debates</li> <li>- Tests de auto evaluación de cada uno de los temas.</li> <li>- Evaluación de los ejercicios hechos en clase.</li> </ul> | <p>5 sesiones teóricas de 2 horas</p> <p>2 sesiones de problemas de 1 hora 30</p> <p>1 Charla de un experto de 1 hora.</p> <p>2 sesiones de puesta en común de los trabajos dirigidos de 2 horas.</p> |
| <p>ACTITUDINALES</p> <p><b>Sensibilidad</b> hacia los impactos económicos, ambientales y sociales de la implantación de los proyectos de cooperación en ingeniería, así como hacia la sostenibilidad y la multiculturalidad.</p> <p>Desarrollo de los <b>valores</b> de la ética cívica relacionados con la participación ciudadana y la responsabilidad moral.</p> <p><b>Actitud participativa</b> en la solución de problemas complejos.</p> <p><b>Autonomía y responsabilidad</b> ante el propio aprendizaje.</p>  | <p>Instrumentos de apoyo: (materiales y Campus Virtual)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El módulo dispondrá de material específico para su seguimiento.</li> </ul>  |   |   |



| OBJETIVOS  | METODOLOGÍA  | SISTEMA DE EVALUACIÓN | TEMPORALIZACIÓN |
|--|--|-----------------------|-----------------|
| <p>Capacidad de <b>autocrítica</b> y de aprender a partir del error</p> <p><b>Pensamiento creativo</b> que le permita plantear y resolver problemas nuevos.</p> <p><b>Consciencia</b> del grado de subjetividad que indican las interpretaciones de los resultados estadísticos, debido a la incertidumbre inherente.</p> <p><b>Consciencia</b> del riesgo de las decisiones basadas en los resultados estadísticos, debido a la incertidumbre inherente.</p> <p><b>Capacidades</b> de organización, planificación y toma de decisiones.</p> <p><b>Capacidad</b> de análisis y síntesis</p> <p><b>Capacidad</b> de comunicación oral y escrita.</p> <p>Espíritu emprendedor y capacidad de <b>iniciativa</b>. Habilidad para trabajar en equipo, fomentando las relaciones interpersonales para dirigir, cooperar, negociar y resolver conflictos.</p> | <p>- Cada uno de los temas desarrollados en el aula dispondrá en el Campus Virtual de su correspondiente material de seguimiento y material complementario (textos, presentaciones, artículos, etc.).</p> <p>- El Campus Virtual dispondrá también del material de apoyo para la realización de las actividades dirigidas y foros de debate.</p> |                       |                 |
| <p>PROCEDIMENTALES</p> <p><b>Saber utilizar</b> las técnicas estadísticas adecuadas para cada tipo de problema.</p> <p><b>Saber plantear</b> modelos alternativos y elegir el más adecuado para cada tipo de datos.</p> <p><b>Saber analizar</b> las diferentes <b>opciones tecnológicas</b> para la provisión de servicios. Saber plantear alternativas y elegir la óptima para cada contexto.</p> <p><b>Desarrollar capacidades</b> de <b>identificación</b> y <b>análisis</b> de alternativas en proyectos de Cooperación al Desarrollo destinados a la provisión de energía y servicios para usos domésticos, comunitarios, productivos o de servicios.</p> <p><b>Saber valorar los impactos</b> económicos, ambientales y sociales de la implantación de los proyectos de cooperación en ingeniería.</p>  |  |                       |                 |

### 3. Descripción de las sesiones

#### Sesiones teóricas

##### Objetivos

- Conocer los procedimientos estadísticos para la recogida, organización y descripción de los datos.
- Conocer las técnicas e instrumentos estadísticos para describir un conjunto de datos
- Comprender la relación entre el acceso a la energía y el desarrollo humano en sus dimensiones económicas, sociales y medioambientales, así como su relación con el desarrollo sostenible.
- Conocer y distinguir las particularidades de las diferentes tecnologías energéticas que aprovechan fuentes de energía renovable: evaluación de recursos, principios tecnológicos, ventajas y barreras, aplicabilidad y dimensionado.
- Reconocer las aportaciones básicas de las tecnologías energéticas y de los proyectos de provisión de energía desde la perspectiva de la promoción integral del desarrollo humano a través de acciones de cooperación al desarrollo

##### Metodología

Exposición de temas con apoyo de presentaciones. 5 sesiones de 2 horas.

##### Descripción

*Módulo A:* Aplicación de técnicas estadísticas para evaluación de recursos

| Sesión | Tema   | Duración (minutos) |
|--------|--|--------------------|
| 1      | A.1 Introducción a los proyectos de cooperación para el desarrollo | 30                 |
|        | A.2 Breve introducción a las técnicas de muestreo                  | 50                 |
|        | A.2 Descripción socioeconómica de la población                     | 50                 |
| 2      | A.3 Técnicas de agrupamiento de datos multivariantes               | 50                 |
|        | A.3 Introducción al tratamiento estadístico de datos espaciales    | 50                 |

TEMA A.1: Introducción a los proyectos de cooperación para el desarrollo

- 1.1 Enfoque del proyecto
- 1.2 Objetivos
- 1.3 Necesidades básicas. Identificación de las necesidades de las familias y comunidades
- 1.5 Identificación y medición de los recursos disponibles

TEMA A.2: Descripción socioeconómica de la población

- 2.1 Breve introducción a las técnicas de muestreo
- 2.2 Obtención de datos socioeconómicos. Escala de los datos.
- 2.3 Análisis estadístico de los datos: depuración, ordenación y resumen de los datos.
- 2.4 Relaciones bivariadas entre variables

TEMA A.3: Tratamiento de datos multivariantes

- 3.1 Análisis estadístico multivariante de los datos. Técnicas cluster.
- 3.2 Integración de información espacial: introducción a la geostatística como teoría de la variable regionalizada.

*Módulo B:* Aplicación de técnicas estadísticas para evaluación del recurso eólico

| Sesión | Tema  | Duración (minutos) |
|--------|---|--------------------|
| 3      | B.1 Introducción a los proyectos de cooperación para el desarrollo en energía | 30                 |

|   |     |   |    |
|---|-----|---|----|
|   | B.2 | Características del viento                      | 50 |
| 4 | B.3 | Análisis estadístico de la velocidad del viento | 50 |
|   | B.3 | Aplicación a la generación de energía           | 50 |
| 5 | B.4 | Estudio de extremos en la velocidad del viento  | 50 |
|   | B.4 | Evaluación de los resultados                    | 50 |

TEMA B.1: Introducción a los proyectos de cooperación para el desarrollo en energía

- 1.1 Enfoque del proyecto
- 1.2 Objetivos
- 1.3 Necesidades básicas. Identificación de las necesidades energéticas de las familias y comunidades
- 1.4 Opciones tecnológicas
- 1.5 Identificación y medición de los recursos energéticos disponibles
- 1.6 La importancia del análisis estadístico

TEMA B.2: Características del viento

- 2.1. La atmósfera
- 2.2. La circulación general atmosférica
- 2.3. Clases de viento
- 2.4. Medida de la velocidad del viento
- 2.5. Variación de la velocidad del viento con la altura
- 2.6. Formas de presentación de los datos de viento

TEMA B.3: Análisis estadístico de la velocidad del viento y su aplicación a la generación de energía

- 3.1. Caracterización energética del viento
- 3.2. Modelización de la velocidad del viento
  - 3.2.1. Las distribuciones de Weibull y de Rayleigh
  - 3.2.2. Cálculo de la esperanza y otros estadísticos de interés
  - 3.2.3. Estimación de parámetros
  - 3.2.4. Estudio de la bondad del ajuste
- 3.3. Aplicación al cálculo de la energía
- 3.4. Selección del aerogenerador más adecuado

TEMA B.4: Estudio de extremos en la velocidad del viento

- 4.1. Justificación de un estudio de extremos
- 4.2. Distribución del máximo anual
  - 4.2.1. El modelo GEVD
  - 4.2.2. Estimación de parámetros
  - 4.2.3. Periodos de retorno
- 4.3. Probabilidad de superar un umbral
  - 4.3.1. El modelo GPD
- 4.4. Sucesos a lo largo del tiempo, GPD y GEVD

*Materiales de apoyo*

- 1 Presentación por cada uno de los temas de exposición.
- Texto de lectura que complementa las exposiciones con numerosos ejemplos.
- 1 Test de preguntas de respuesta múltiple o de cálculo simple para cada uno de los temas.

*Evaluación y seguimiento*

La evaluación de los conceptos se lleva a cabo mediante tests de respuesta múltiple con apoyo del Campus Virtual. Se combinarán diversos tipos de tests, entre ellos los adaptativos para mejorar la tarea de aprendizaje por parte de los alumnos.

## ***Sesiones de problemas***

### ***Objetivos***

- Seleccionar la técnica más adecuada para resumir y transformar los datos en información útil para tomar decisiones.
- Exponer con claridad un problema, utilizar los instrumentos para su análisis e interpretar los resultados en el contexto en que se originan los datos, destacando las características relevantes.
- Desarrollar capacidades de trabajo cooperativo.

### ***Metodología***

En las sesiones de problemas se plantea a los alumnos diversos ejercicios que permiten poner en práctica los contenidos de las sesiones teóricas. En algunos casos se utilizarán herramientas informáticas que permiten agilizar los cálculos e incidir en la interpretación de los resultados.

Los alumnos se dividen en grupos de 2 ó 3 personas que resolverán los ejercicios con apoyo del facilitador de la sesión. En la parte final de la sesión los diferentes grupos exponen, comparan y debaten los resultados obtenidos y las hipótesis que han tenido en cuenta para el cálculo.

### ***Descripción***

| Sesión | Contenido   | Duración<br>(minutos) |
|--------|---|-----------------------|
| 1      | <p>Estudio estadístico del viento en la región de Huacho (Perú)</p> <p>Realización de distintos ejercicios de cálculo con el objetivo de efectuar un exhaustivo análisis estadístico de las características del viento. Entre otras características de interés, se construirán tablas y gráficos de frecuencias de la velocidad del viento. También se determinará la distribución de probabilidad más adecuada a las observaciones disponibles y se discutirá la bondad del ajuste efectuado. A partir de esta distribución de probabilidad, se realizará el cálculo de algunos parámetros estadísticos importantes para determinar la potencia eólica disponible. Finalmente, se analizarán los efectos que producen sobre la potencia útil de un aerogenerador los cambios de altura del rotor, y los cambios de densidad del aire. Los alumnos realizarán ejercicios guiados donde se obtendrán:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Tabla de frecuencias e histogramas.</li><li>- Ajuste a una distribución de Weibull. Estimación de los parámetros.</li><li>- Test de bondad del ajuste.</li><li>- Determinación de la velocidad media del viento.</li><li>- Determinación de la potencia eólica.</li><li>- Determinación de la potencia útil de un aerogenerador en distintas circunstancias.</li></ul> | 90                    |
| 2      | <p>Estudio de extremos del viento en la región de Huacho (Perú).</p> <p>A partir de las observaciones de viento disponibles, se estudiarán los valores extremos del viento, así como su comportamiento a partir de un determinado umbral. Estas características del viento son de notable importancia por su relación con la curva de potencia de un aerogenerador y, en particular, con la velocidad de desconexión o parada, así como con la velocidad de supervivencia. Para ello, los alumnos realizarán ejercicios guiados donde se obtendrán:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Ajuste a una distribución de extremos GEVD: estimación de parámetros y test de bondad del ajuste</li><li>- Cálculo de periodos de retorno.</li><li>- Distribución de excesos sobre un umbral. Ajuste a una distribución</li></ul>   | 90                    |

- 
- GPD: estimación de parámetros y test de bondad del ajuste.
  - Cálculo de periodos de retorno.
  - Curva de potencia de un aerogenerador.
  - Diseño óptimo en función de las velocidades de desconexión y de supervivencia.
- 

### *Material de apoyo*

Para el problema “Estudio estadístico del viento”:

- Lectura de los temas B.2 y B.3.
- Fichero de datos de viento de la región de estudio.
- Descripción física de la zona de estudio.
- Hoja de cálculo.
- Especificaciones técnicas de algunos tipos de aerogenerador utilizados en proyectos de cooperación.

Para el problema “Estudio de extremos del viento”:

- Lectura de los temas B.2, B.3 y B.4.
- Fichero de datos de viento de la región de estudio.
- Descripción física de la zona de estudio.
- Hoja de cálculo.
- Especificaciones técnicas de algunos tipos de aerogenerador utilizados en proyectos de cooperación.

### *Evaluación y seguimiento*

Se evaluarán los ejercicios resueltos durante las distintas sesiones. La evaluación tendrá en cuenta:

- La claridad en la presentación de los resultados y de los cálculos intermedios.
- El planteamiento del problema y la justificación de las hipótesis realizadas.
- La exactitud de los resultados obtenidos.
- La participación de los grupos en la exposición y debate de los resultados.

## **Charla de un/a experto/a**

### *Objetivos*

- Sensibilizar respecto los impactos económicos, ambientales y sociales de la implantación de los proyectos de abastecimiento energético, la sostenibilidad y la multiculturalidad.

### *Metodología*

Se programa una charla de 1 hora aproximada de duración con una exposición inicial de unos 40 minutos a la que le sigue la realización de preguntas y el eventual debate sobre el tema expuesto.

### *Descripción*

La actividad consiste en una charla en la que una persona con experiencia en implantación de proyectos en zonas rurales de países en desarrollo realiza una exposición de unos 40 minutos. Posteriormente, se dedica el resto de la sesión al turno abierto de preguntas y debate

### *Material de apoyo*

Ninguno

### *Evaluación y seguimiento*

Se valorará la asistencia, así como la participación en el debate.

## **Trabajos dirigidos**

### *Objetivos*

- Fijar, ordenar y poner en práctica los conocimientos impartidos en el módulo.

- Seleccionar la técnica más adecuada para resumir y transformar los datos en información útil para tomar decisiones.
- Exponer con claridad un problema, utilizar los instrumentos para su análisis e interpretar los resultados en el contexto en que se originan los datos, destacando las características relevantes.
- Desarrollar criterios propios y capacidad de análisis crítico.
- Ser consciente del grado de subjetividad que indican las interpretaciones de los resultados estadísticos, y el riesgo de las decisiones basadas en ellos, debido a la incertidumbre inherente.
- Saber utilizar las técnicas estadísticas adecuadas para cada tipo de problema. Saber plantear modelos alternativos y elegir el más adecuado para cada tipo de datos.
- Saber analizar las diferentes opciones tecnológicas para la provisión de servicios. Saber plantear alternativas y elegir la óptima para cada contexto.
- Desarrollar capacidades de identificación y análisis de alternativas en proyectos de Cooperación al Desarrollo destinados a la provisión de energía y servicios para usos domésticos, comunitarios, productivos o de servicios.
- Saber valorar los impactos económicos, ambientales y sociales de la implantación de los proyectos de cooperación en ingeniería.

#### *Metodología*

Una vez realizadas las sesiones de teoría y problemas, se reparten los estudiantes en diferentes grupos de trabajo. Se les suministra un trabajo a realizar durante un período de 2 a tres semanas. Finalizado el período de realización del trabajo en grupo, se programan dos sesiones de presentación de los trabajos, una por trabajo, con una duración de 2 horas cada una. Durante el período de realización del trabajo se pueden programar sesiones presenciales de tutoría, o bien realizar ésta a través del Campus Virtual.

#### *Descripción*

Los trabajos dirigidos a llevar a cabo son los siguientes:

| Trabajo | Contenido  |
|---------|--|
| 1       | <p>Modelización estadística del viento y su aplicación a la elección del aerogenerador más adecuado para abastecer de electricidad a una comunidad en Huacho (Perú).</p> <p>Se tutoriza a los alumnos en la elección del aerogenerador más adecuado para la zona de interés, así como su ubicación. Para ello se les proporciona información de viento en la zona. A partir de los datos proporcionados se llevará a cabo un completo análisis estadístico de la velocidad del viento, incluyendo el estudio de sus extremos. Dicho análisis proporcionará parámetros necesarios para los cálculos de potencia eólica, curva de potencia, velocidad de parada, etc., necesarios para una óptima elección de aerogenerador.</p> |
| 2       | <p>Estudio del contexto socioeconómico de una comunidad rural en un país en desarrollo (e.g. asentamientos MST en Brasil, comunidades rurales en Same, Tanzania) .</p> <p>Se estudia, para un caso concreto, el tipo de muestreo estadístico más adecuado para estudiar el contexto así como el tamaño de muestra idóneo. A partir de una encuesta extensa llevada a cabo en la zona se valorará la técnica estadística multivariante más adecuada para el tratamiento de estos datos y se realiza la interpretación posterior de los resultados. Se tratarán por separado aquellas variables con carácter espacial.</p>   |

#### *Material de apoyo*

- Lecturas de los temas expuestos en las sesiones de teoría.
- Solución de los problemas planteados en las sesiones de problemas.
- Enunciado de los trabajos a realizar.
- Descripción física de la zona de estudio.
- Hoja de cálculo.

- Especificaciones técnicas de algunos tipos de aerogenerador.
- Datos socio-económicos de las comunidades donde se pretenden instalar los sistemas.

#### *Evaluación y seguimiento*

La evaluación tendrá en cuenta:

- La calidad global de los trabajos presentados.
- La exactitud de los resultados obtenidos.
- La claridad en la presentación de los resultados y de los cálculos intermedios.
- La originalidad de las soluciones propuestas y la argumentación de las mismas.
- La presentación del trabajo y su defensa en las sesiones presenciales.

## **4. Recursos**

El CD adjunto contiene los siguientes recursos de apoyo:

Para las sesiones de teoría.

1. Lecturas complementarias a los temas tratados en las sesiones de teoría.
2. 1 presentación para cada uno de los temas de exposición.
3. 1 test de preguntas de respuesta múltiple o de cálculo simple para cada uno de los temas.

Para las sesiones de problemas:

4. Enunciados de los problemas a resolver acompañado del material de apoyo necesario para los alumnos.
  - a. Estudio estadístico del viento en la región de Huacho (Perú).
    - i. Enunciado de los problemas.
    - ii. Hoja de cálculo con la información de la velocidad del viento objeto de estudio.
    - iii. Características físicas de la región del estudio.
    - iv. Especificaciones técnicas de los aerogeneradores.
  - b. Estudio de los extremos del viento en la región de Huacho (Perú).
    - i. Enunciado de los problemas.
    - ii. Hoja de cálculo con la información de la velocidad del viento objeto de estudio.
    - iii. Características físicas de la región del estudio.
    - iv. Especificaciones técnicas de los aerogeneradores.
5. Soluciones de los problemas.

Para los trabajos dirigidos:

6. Modelización estadística del viento y su aplicación a la elección del aerogenerador más adecuado para abastecer de electricidad a una comunidad en Huacho (Perú).
  - a. Descripción del trabajo a realizar.
  - b. Material complementario para los alumnos
    - i. Información de base para que establezcan las demandas de energía eléctrica de la comunidad.
    - ii. Datos sobre recursos renovables de la zona que justifiquen la elección de la energía eólica
    - iii. Datos de viento en la zona de la comunidad
    - iv. Características físicas de la zona de estudio
    - v. Especificaciones técnicas de los aerogeneradores

7. Estudio del contexto socioeconómico de una comunidad rural en un país en desarrollo.
  - a. Descripción del trabajo a realizar.
  - b. Material complementario para los alumnos
    - i. Información básica sobre el contexto de la comunidad. Número de habitantes y objetivo específico del estudio.
    - ii. Hoja de cálculo conteniendo los datos obtenidos en la encuesta.
    - iii. Se facilitará el acceso a recursos informáticos adecuados para el tratamiento de la información (programario para tratamiento de datos espaciales)

## **5. Bibliografía**

### **Básica**

Canavos, G. C. (1988) Probabilidad y Estadística. Aplicaciones y Métodos. McGraw-Hill.

Castillo, E., Hadi A.S., Balakrishnan, N., Sarabia J.M. (2005) Extreme value and related models with applications in Engineering and Science. Wiley.

De la Horra, J. (2003). Estadística aplicada. Díaz de Santos.

De Juana, J.M. (2003) Energías Renovables para el Desarrollo. Paraninfo - Thomson Learning.

Mood, A.M., Graybill, F.A., Boes, D.C. (1986). Introduction to the theory of statistics. McGraw-Hill.

Peña, D. (2002) Análisis de datos multivariantes. McGraw-Hill

Rodríguez, J.L., Arnalte, S., Burgos, J.C., (2003) Sistemas eólicos de producción de energía eléctrica. Rueda S.L, Madrid.

Ruiz Fuentes, N., Alba Fernández, M.V. (2006) Muestreo estadístico en poblaciones finitas. Oviedo Septem.

Scheaffer, R. L., Mendenhall., R. , Lyman, O (2007). Elementos de muestreo. International Thomson.

Velo, E., Sneij, J., Delcòs, J. eds. (2006) Energía, Participación y Sostenibilidad. Ingeniería Sin Fronteras.

### **Complementaria**

Mulugetta, Y., Doig A., Dunnet, S. Jackson, T., Khennas, S., Rai, K. (2005) Energy for rural livelihoods. A framework for sustainable decision making. ITDG Publishing.

PNUD (2005b). Energizing Millennium Development Goals. A Guide to Energy's Role in Reducing Poverty.

PNUD-ESMAP (2005). Energy Services for the Millenium Development Goals. A joint publication of the UNDP, UN Millennium Project, the World Bank, and the joint UNDP-World Bank Energy Sector Management Assistance Programme (ESMAP)

UN-Energy (2005) The Energy Challenge for Achieving the Millennium Development Goals. UN-Energy.



## Diseño y construcción de tanques de ferrocemento

*Miren Etxeberria, Iokin Berridi*

E. T. S Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona

C. Jordi Girona, 1-3, Edifici B1

08034 - Barcelona, Spain

miren.etxeberria@upc.edu, iokinberridi@hotmail.com

### 1. Contexto

El documento elaborado sobre el Diseño y Construcción de Tanques de Ferrocemento, puede estar ubicado dentro de la asignatura “Materiales de Construcción”. Aunque también podría estar en “Estructuras de Hormigón I” como en “Construcción y materiales estructurales avanzados” todas las asignaturas son del departamento de Ingeniería de la Construcción, de la E.T.S de Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona. La asignatura de Materiales de Construcción es una asignatura troncal de 2º curso, las otras dos de 4º y 5º, respectivamente. El número máximo de alumnos sería conveniente que fuese 40, esto podría ser posible en las asignaturas del segundo ciclo sin embargo en “Materiales de Construcción” el número de alumnos asciende a 60.

|              |  |
|--------------|--|
| Universidad  | Universitat Politècnica de Catalunya                         |
| Centro       | 250 E.T.S d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona |
| Titulación   | Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos                      |
| Departamento | 706 Ingeniería de la Construcción                            |
| Asignatura   | Materiales de construcción                                   |
| Créditos     | 6 (troncal)  |
| No. Alumnos  | 230  |

Con este tema se pretende explicar un material cementiceo, aparte del hormigón, que se puede utilizar en construcción de elementos importantes. Los alumnos ya habrán visto los morteros en primer curso pero no como un material constructivo por lo que les dará un aspecto más realista de su aplicabilidad.

Es un documento sencillo para aquellos estudiantes que tengan conocimientos básicos en el ámbito de construcciones con materiales cementiceos como el hormigón. Toda la documentación adjuntada, las especificaciones técnicas, como los ejercicios resueltos y propuestos, y las metodologías de construcción descritas aportarán los conocimientos necesarios a cualquier técnico para el diseño y construcción de tanques de ferrocemento.

Uno de los grandes problemas en países en vía de desarrollo es la carencia de agua tanto de agua potable, agua de uso doméstico, agua de regadío, etc. Debido a la falta de sistema de abastecimiento como al incremento de los periodos de sequía.

Los sistemas de abastecimiento de agua en medio rural están formados por una captación, una tubería de transporte uno o más depósitos de almacenamientos y una red de distribución. Los depósitos pueden estar enterrados, semienterrados, en superficie o elevada y pueden variar de tipo dependiendo de la disponibilidad y el precio de los materiales, coste de transporte, respecto por el medio ambiente, asimilación de la tecnología, durabilidad.

Los tipos de tanques más usuales son de ladrillos, hormigón armado, en masa o pretensado, de plástico, acero, madera, fibra de vidrio. Aunque uno de los materiales más aconsejables es el ferrocemento debido a sus características técnicas como el coste y formación básica requerida para su construcción.

## 2. Esquema

**Ejes:** sostenibilidad, desarrollo humano, transdisciplinariedad y diversidad

Tabla 1.- Esquema de las sesiones

| OBJECTIVOS  | METODOLOGÍA   | SISTEMA DE EVALUACIÓN  | TEMPORALIZACIÓN  |
|---|---|--|--|
| <b>CONCEPTUALES:</b><br><br><b>Conocer</b> el material compuesto que constituye el ferrocemento: mortero y refuerzos<br><b>Aprender</b> la metodología de dosificación, y las propiedades básicas que ha de cumplir el mortero fabricado<br><b>Conocer</b> las conceptos básicos de diseño de un tanque de ferrocemento<br><b>Aprender</b> a calcular un depósito                 | Combinación de sesiones teóricas y prácticas<br><br>Charla de un experto de la ejecución de elementos de construcción con ferrocemento en el ámbito de cooperación al desarrollo y sostenibilidad   | Grado de participación de las discusiones en clase teórica y en la clase práctica (análisis del ejercicio resuelto)<br><br>Asistencia a charla, y entrega de trabajo de la charla realizada. | 2 sesiones teóricas combinado con problemas de 2 horas<br>1 sesión de charla de 1<br>1 sesión video, debate 1 hora |
| <b>ACTITUDINALES:</b><br><b>Sensibilidad</b> sobre los problemas relacionados con la sostenibilidad y el desarrollo humano.<br><b>Percepción</b> de los impactos sociales de la actividad profesional<br><b>Actitud participativa</b> en la solución de problemas complejos   | video de construcción de tanque de ferrocemento. Test de autoevaluación<br><br>Intercambio y debate sobre diferentes materiales y diseño de utilizados en la ejecución de depósitos de agua en proyectos de cooperación al desarrollo humano y sostenibilidad | Entrega de los ejercicios propuestos   |  |
| <b>PROCEDIMENTALES:</b><br><br><b>Capacidad de análisis</b> de las optimas opciones técnicas con respecto a la sostenibilidad y el desarrollo humano. Formular hipótesis de circunstancias ambientales, materiales primarias como la multiculturalidad en la realización del proyecto del tanque.<br><b>Analizar críticamente</b> las soluciones obtenidas en diversos proyectos. |   |  |  |

### 3. Descripción de las sesiones

Tal y como se ha descrito en el esquema, se realizarán 2 sesiones teóricas combinado con problemas de 2 horas cada una de ellas y 1 sesión de visualizar un video y debate de 1 hora de duración.

#### 3.1. *Objetivos de cada sesión o grupos de sesiones*

La primera sesión corresponde a clase de teoría sobre la importancia de los tanques, el ferrocemento y los materiales que lo constituyen (mortero y refuerzos). Se combinará la teoría con los problemas (resueltos y propuestos para resolver). Esta tendrá como objetivos:

- **Sensibilizar** sobre los problemas relacionados con la sostenibilidad y el desarrollo humano.
- **Percepción** de los impactos sociales de la actividad profesional
- **Conocer** el material compuesto que constituye el ferrocemento: mortero y refuerzos
- **Aprender** la metodología de dosificación, y las propiedades básicas que ha de cumplir el mortero fabricado
- **Actitud participativa** en la solución de problemas complejos
- **Capacidad de análisis** de las óptimas opciones técnicas con respecto a la sostenibilidad y el desarrollo humano.

La segunda sesión de teoría corresponde a la explicación del dimensionamiento de los tanques de ferrocemento. Se combinará la teoría con los problemas resueltos y propuestos para realizar. Los objetivos a conseguir son:

- **Conocer** los conceptos básicos de diseño de un tanque de ferrocemento
- **Aprender** a calcular un depósito
- **Actitud participativa** en la solución de problemas complejos
- **Capacidad de análisis** de las óptimas opciones técnicas con respecto a la sostenibilidad y el desarrollo humano.
- **Formular** hipótesis de circunstancias ambientales, materiales primarias como la multiculturalidad en la realización del proyecto del tanque.

La sesión de charla, video y debate:

- **Analizar críticamente** las soluciones obtenidas en diversos proyectos.
- **Actitud participativa** en la solución de problemas complejos

#### 3.2. *Metodología y temporalización en las sesiones*

Las dos primeras sesiones corresponden a clases teóricas combinándolas con ejercicios resueltos y propuestos. La teoría se impartirá mediante power point cada una de las sesiones tendrá 2 horas de duración. En la fase de problemas de cada sesión, se comentarán los problemas resueltos y se realizarán los ejercicios propuestos.

La tercera sesión constará de dos partes. Se iniciará con la charla de un experto en construcción en ferrocemento. Las construcciones que se explicarán estarán centradas en países en vías de desarrollo. Esta sesión continuará viendo un video de la construcción de varios depósitos y un debate. La duración de esta sesión es de 2 horas.

#### 3.3. *Descripción general de las sesiones*

La primera sesión de teoría tendrá dos partes diferentes, una teórica donde se comentará la necesidad del desarrollo humano basado en la necesidad básica del agua y la necesidad de la formación de las comunidades participativas, además se realizará una introducción de los tanques de agua, y el ferrocemento y se explicarán los materiales que lo componen y sus propiedades. En la segunda parte de esta sesión se realizarán ejercicios sobre la dosificación y las características mínimas de los refuerzos que son necesarias para realizar este tipo de construcciones. En la segunda sesión teórica se explicará la metodología de cálculo para el

adecuado dimensionamiento además de la metodología de construcción y se realizarán los ejercicios correspondientes al dimensionamiento de los tanques.

La tercera sesión, es una charla de un experto en construcción en ferrocemento en países en vías de desarrollo donde además de explicar la ejecución de los depósitos, se realizará la introducción de diferentes elementos constructivos que se pueden realizar con este material. Esta sesión terminará con la proyección de un video de ejecución de varios depósitos en Nicaragua (Proyecto realizado con la financiación de CCD) y un debate sobre la metodología y materiales utilizados en la construcción de los depósitos Y se realizará el análisis de la metodología de construcción que se utilizo como la adecuación de los materiales y el diseño.

### **3.4. Descripción del material complementario y el necesario para hacer las sesiones**

Para seguir la adecuadamente la sesión 1 los alumnos tendrán a su disposición la presentación en Power Point, los anejos, y el material complementario además de los apuntes nominados como:

Power point\_ Tanques de ferrocemento: Materiales

Material\_complementario: Sesión1\_Mortero

Material\_complementario: Sesión\_1\_refuerzo

Anejo 1

Anejo 2

Ejercicio\_resuelto1\_dosificación

Ejercicio propuesto 1\_dosificación

Para la segunda sesión es necesario que los alumnos tengan a su disposición el power point correspondiente, el material complementario y el ejercicio resuelto como el propuesto.

Power point\_ Tanques de ferrocemento: Dimensionamiento

Material complementario: Sesión \_1\_dimensionamiento del tanque

Ejercicio\_resuelto 2\_dimensionamiento

Ejercicio propuesto 2\_dimensionamiento

Para la primera parte de la sesión 3, la charla, es necesario adjuntar un esquema como la presentación (o resumen) de la conferencia. Material que se dispondrá:

Resumen y presentación de la charla

Power point de métodos constructivos en ferrocemento

La segunda parte de la charla se emitirá un video y se realizará un debate sobre la dosificación como la metodología de construcción utilizada en el video.

### **3.5. Evaluación y seguimiento del aprendizaje de los alumnos**

La evaluación de la asignatura se realizará teniendo en cuenta los tres puntos explicados a continuación:

- Cada alumno ha de entregar en clase, tanto en la sesión 1 como en la sesión 2, los ejercicios propuestos que se plantean.
- Participación en la charla
- Participación en el debate y una adecuada evaluación del análisis de la construcción de los depósitos de los videos. Cada alumno entregará su análisis particular.

La asistencia a clase es obligatoria.

## **4. Recursos**

En este apartado se explican los aspectos más importantes (tanto de material como de cálculo) para el aprendizaje del diseño y construcción de tanques de ferrocemento. Este apartado se debe

de complementar con el material complementario adjuntado en el CD para la total comprensión del tema. (Sesión 1: propiedades del mortero y refuerzo, Sesión 2: dimensionamiento del tanque)

## **4.1 Ferrocemento**

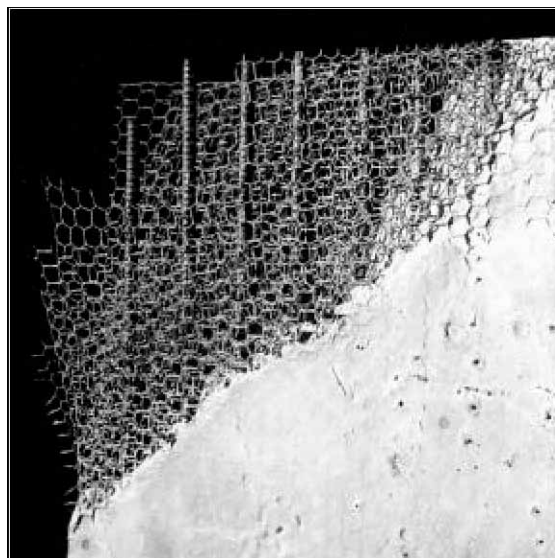
### **4.1.1 Introducción**

Desde que el gran ingeniero italiano Luigi Nervi dio a conocer el ferrocemento en la década de los 40 por la construcción de embarcaciones y por el excepcional trabajo de ingeniería, la construcción del hall de la exposición mundial de Turín, su uso se ha multiplicado en países de todo el mundo.

Actualmente el hormigón es el material más utilizado entre todos los materiales para construcciones civiles, construcciones industriales, construcción de viviendas, y otras en particular.

El futuro y la tendencia general están en la creación de nuevos elementos estructurales con menor gasto de materiales, mayor porcentaje de fabricación industrial, mayor seguridad, menor peso propio y mayor durabilidad.

En este contexto el ferrocemento puede tener un lugar como material de futuro, ya que cumple muchos de los requisitos de los anteriormente nombrados, no obstante, la falta de industrialización del mismo ó la no existencia de una normativa para su uso, son factores que aún imposibilitan el uso de este material más comúnmente en la construcción. Y es por ello que su uso actualmente esté orientado casi exclusivamente a proyectos de cooperación en países en vías de desarrollo.



**Fig.1.- Sección de ferrocemento (ACI Comité 549, 1997)**

El ferrocemento es un término usado para definir un elemento formado por un mortero de arena y cemento hidráulico, reforzado por una armadura altamente subdividida y distribuida en la masa de mortero, que posee una alta resistencia, compacidad y elasticidad que permite disminuir de forma notable las dimensiones de las secciones transversales de los elementos hasta 10-15mm. Como resultado de ello el peso propio de las estructuras y el volumen de los materiales pueden reducirse en más de un 50% y el de la armadura en un 35% en comparación con las estructuras habituales de hormigón armado. Como armadura se puede emplear fibras de diversos tipos tales como vidrio, metálicas, orgánicas etc., aunque lo más común es el uso de mallas de alambre (mallas de gallinero) en combinación si cabe con alambres y barras.

El Comité 549 de la ACI (American Concrete Institute [1,2]) define el ferrocemento como:

El ferrocemento es un tipo de hormigón armado en forma de lámina delgada comúnmente, construido de mortero de cemento hidráulico y reforzado con capas de telas de mallas, poco separada entre sí, y formadas por alambres continuos y relativamente pequeños.

Entre las aplicaciones más usuales están los tanques de ferrocemento, precisamente la vertiente que se estudiará en este trabajo, en los cuales podemos destacar las siguientes características:

- Tienen una respuesta estructural muy importante ante acciones sísmicas.
- Bajo costo.
- Buen aislamiento térmico y resistencia a la abrasión. La conductividad térmica del ferrocemento es muy baja, seis veces menor que el del acero.
- Resistencia al agrietamiento. Que se traduce en una disminución del ancho de grieta y por consiguiente la resistencia a la corrosión.
- Con esta técnica se han construido tanques de  $5\text{m}^3$  a  $100\text{m}^3$ , a costos del 40% al 50% más barato que los tanques tradicionales de hormigón.
- Se pueden utilizar diferentes tipos de materiales para hacer los encofrados como bambú, carrizo, lámina para techo, madera o adobe etc. También pueden utilizarse un encofrado prefabricado con materiales más resistentes de forma que se pueda reutilizar el encofrado en la construcción de diferentes tanques.
- Los tanques de menor volumen no requieren de encofrado durante el proceso de construcción.
- Una porción por volumen recomendada para la mezcla es 1:2:0,5 (siendo, cemento:arena:relación agua-cemento).
- Las habilidades de las personas que se involucren en la construcción de tanques con esta técnica no han de ser especializadas. Cualquier persona, siguiendo los manuales de construcción disponibles (anexo 1), podrá construir tanques aplicando esta técnica. De hecho, los usuarios del propio tanque pueden hacer la mayor parte del trabajo de construcción.
- El equipo necesario para la construcción de los tanques es básico (anexo 2).
- El mantenimiento es prácticamente mínimo y su caso, no es costoso, cualquier fuga de agua se repara picando la zona afectada y recolocando con un mortero elaborado con la misma proporción que el utilizado para su construcción.

La vida útil de un depósito hecho a base de mortero armado puede llegar a los 50 años de uso in-interrumpido.



**Fig 2. Tanques de ferrocemento [4]**

El ferrocemento es esencialmente ventajoso en estructuras espaciales de paredes delgadas donde la rigidez y resistencia son desarrolladas a través de la forma, teniendo la ventaja de poder ser moldeable y construida de una sola vez. Los elementos de ferrocemento son especialmente adecuados para las condiciones en las cuales se necesitan construcciones rápidas y repetitivas, por ejemplo en construcciones post-desastres [3].

Los espesores relativamente bajos de las paredes de los tanques, permiten que el tanque pueda deformarse bajo carga y evitan de esta manera la concentración de tensiones. La concentración

del armado (alambre generalmente) distribuye las tensiones a lo largo de la pared aumentando de esta forma la resistencia al fallo.

#### **4.1.2 Propiedades y diseño del material** (Material complementario\_mortero, Material complementario\_refuerzo)

##### 4.1.2.1 Componentes del Mortero

Está constituida por una mezcla que contiene: cemento hidráulico, arena y eventualmente si procede se le pueden añadir aditivos.

##### *Agua*

No usar agua marina ni agua rica en contenido de materia orgánica, evitar el agua con agentes químicos que afecten a las propiedades del ferrocemento. Generalmente el agua de uso público resulta satisfactoria.

##### *Cemento*

Se recomienda la mezcla del cemento Portland y puzolana.

El consumo mínimo de cemento será de  $500 \text{ kg/m}^3$  y generalmente estará entre  $500\text{-}800\text{kg/m}^3$ .

##### *Áridos*

El tamaño máximo admisible de árido es de 5mm, Dependiendo de la distribución de la malla podría ser necesario utilizar un tamaño máximo de 3mm.

La arena debe estar bien graduada, tener forma redondeada y lisa cuando se reduzca la cantidad de agua y evitar las arenas con partículas laminadas. También hay que tener especial cuidado con aquellas arenas que contengan materia orgánica e impurezas químicas.

##### *Aditivos*

Pueden ayudar a economizar en el uso del cemento, o mejorar algunas de las propiedades del mortero fresco o endurecido. Su utilización puede encarecer el material.

##### 4.1.2.2 Propiedades del mortero

El mortero que se utilizará para la construcción de depósitos de agua requiere tener una resistencia mínima a compresión y una baja permeabilidad. A continuación se describirán propiedades básicas para asegurar la durabilidad óptima del mortero.

##### *Propiedades Mecánicas*

La relación agua/cemento(a/c, en pesos) del mortero es el parámetro que más condiciona. A mayor relación a/c menor resistencia. La granulometría también es otro factor influyente, y en un menor grado también tenemos la influencia de la relación arena/cemento.

Según Wainshtok [5] morteros fabricados con relación a/c de 0.4, y se mantienen en condiciones de alta humedad, dan una resistencia de 32MPa a 28 días. Mientras morteros de relación a/c de 0.5, que se han mantenido en condiciones de humedad baja y se han fabricado con áridos angulosos la resistencia puede llegar a 25 MPa.

El departamento de Ingeniería de la Universidad de Warwick [6], determinó que si la fabricación del mortero se realiza en condiciones no adecuadas, relación a/c de 0.6,

manteniendo en humedad baja (tiempo de curado de 7 días, en zonas calurosas se recomienda que sea de 2 a 3 semanas), y fabricando el mortero manualmente, la resistencia a tracción del mortero puede ser de 1.60 MPa. Si la fabricación del mortero se realiza en mejores condiciones se obtendrán mayores resistencias.

#### *Permeabilidad*

La baja permeabilidad del material garantiza, su capacidad de obstaculizar la penetración de líquidos y gases en el interior del mismo. Se ha de fabricar un mortero lo más impermeable posible. Para ello es imprescindible un buen curado y una buena ejecución, por supuesto con una relación a/c adecuada. Otras posibles directrices a seguir son: un consumo elevado del cemento y una adecuada granulometría del árido.

#### *Retracción*

La retracción afecta mucho a este tipo de estructuras debido a la gran cantidad de superficie expuesta que tienen, que hace aumentar la evaporación del agua en la estructura y también debido a la gran cantidad de cemento que se utiliza.

La retracción de probetas de hormigones y morteros es menor cuanto mayor es relación árido/cemento utilizado [6], y en morteros es mayor que en hormigones debido a la menor cantidad de áridos.

#### *Protección de las armaduras*

Los bajos espesores de las paredes de los tanques obligan a un especial cuidado en la protección de las armaduras frente a la corrosión. Para evitar la carbonatación del mortero, y por tanto la corrosión de las armaduras, la calidad del mortero es fundamental.

#### 4.1.2.3 Valores referencia y dosificación

##### *Valores de referencia*

A modo resumen, los valores de referencia para la fabricación del mortero son:

- Relación a/c. Mínimas o máximas relaciones a/c exigidas para un adecuado mortero se especifican en la tabla 2. De donde se puede concluir que de acuerdo con las necesidades fundamentales del material para la realización del tanque la relación a/c óptima es de 0.5 (siendo posible considerar una relación a/c entre 0.4 y 0.5)

**Tabla 2.-Valores en la relación A/C en peso**

| Mín para Hidratar el cemento | Mín por Laborabilidad | Máx por Retracción | Mín. para Colocación a mano | <b>Óptimo</b> |
|------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|---------------|
| 0.25                         | 0.4                   | 0.5                | 0,5                         | <b>0.5</b>    |

- Densidad media del mortero: No menor que 2200kg/m<sup>3</sup> (Norma rusa, [7]).
- Capacidad de absorción del agua: No mayor que el 8% (Norma rusa).
- Relación arena/cemento: Generalmente 1-2. Cuando se utilicen equipos de presión (debido a la pérdida de grano por rebote o en construcciones de poca importancia que se usan cementos de 500-800kg/m<sup>3</sup>) 2.5-3.



- La resistencia a compresión adecuada es  $f_{ck}$ : 25MPa, si se mantienen las cantidades de cemento, arena y la relación agua/cemento, se cumple.
- La resistencia a tracción,  $f_{ct,m}$ : 1.60MPa

### *Dosificación*

La mezcla de cada uno de los materiales para la fabricación del mortero, la cantidad de cada uno de los materiales se puede medir en volumen (por falta de balanzas) o en pesos.

- Una porción por volumen recomendada para la mezcla es 1:2:0,5 (siendo, cemento : arena, relación agua-cemento).

- Para obtener la cantidad de cada uno de los materiales en peso, se determina el volumen de cada uno de los materiales que necesitamos para fabricar  $1 \text{ m}^3$  de mortero y luego de multiplica este volumen por su densidad.

$$1000 \text{ dm}^3 = V_{\text{agua}} + V_{\text{cemento}} + V_{\text{áridos}},$$

Conociendo la cantidad de agua y cemento se puede determinar la cantidad de áridos necesarios.

#### 4.1.2.4 Refuerzo

La función del refuerzo en el ferrocemento es la de absorber los esfuerzos de tracción que el mortero por sí sólo no sería capaz de soportar y contribuir a distribuir y reducir el número y tamaño de las fisuras.

Podemos distinguir dos grandes grupos de refuerzos: el refuerzo de telas de malla, y los alambrones y barras.

#### *Telas de malla:*

Están formados por alambres tejidos, trenzados o soldados, que se distribuyen uniformemente en la masa del mortero y que como principales características deben ser manuales y flexibles para adaptarse a diferentes formas.

La más comúnmente utilizada es la malla hexagonal o de gallinero, debido a su fácil y barata adquisición.

#### *Alambrones y barras:*

Es el refuerzo utilizado generalmente para el denominado acero de esqueleto, que conforma el reticulado sobre el que se colocan las mallas de alambre. Está formado por barras de diámetro de entre 3 y 10mm, la separación entre barras puede llegar hasta 30cm. Su función se considera básicamente rigidizadora. No obstante, si se disponen más juntas y con diámetros pequeños también pueden actuar conjuntamente con las mallas como refuerzo.

### 4.1.3 Dimensionamiento del tanque

#### 4.1.3.1 Estructura

La estructura del depósito se puede dividir en tres partes: pared, solera y unión de ambos.

La pared se trata de una estructura cilíndrica de pequeño espesor (de 2-10cm) y una altura variable que dependerá de características como el refuerzo, necesidades, limitaciones del entorno u otros. En general no sobrepasará los 2.5m.

La solera una losa circular cuyo espesor será mayor al de la pared sobretodo en la unión para garantizar la no fisuración bajo el esfuerzo de flexión producido por la presión hidrostática. En general se considera unión rígida, por su mayor facilidad constructiva y por la relativamente pequeña profundidad de los tanques. Que como se ha indicado anteriormente no sobrepasará los 2.5m.

#### 4.1.3.2 Dimensionamiento de la pared

##### *Consideraciones previas*

En el análisis de la pared, para determinar las dimensiones del tanque, se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Fijado el volumen, las únicas variables son  $\varnothing$  (diámetro), H (altura de pared).
- En cuanto a la relación  $\varnothing - H$  se tomará siempre  $\varnothing \geq H$ , ya que la estructura resulta más estable y robusta cuanto mayor sea la base, además resulta más fácil para la ejecución.
- Para volúmenes de tanque grandes la tendencia será siempre de aumentar el diámetro  $\varnothing$  frente a la altura H

A continuación se estudiará el dimensionamiento de la pared a partir del esfuerzo axial de tracción longitudinal  $N_{\varphi}$  (valor característico) considerando condiciones de contorno de empotramiento en la base y extremo superior libre.

Se dimensionará teniendo en cuenta el Estado Límite de Fisuración que es el que mejor se adapta al contexto (depósitos de agua) en donde es más relevante la funcionalidad frente a las fisuras que el colapso de la estructura.

##### *Estado Límite de fisuración*

Se plantea el equilibrio entre tensiones y fuerzas exteriores horizontales. Para ello necesitamos conocer el valor máximo del axial  $N_k$  que se puede obtener de acuerdo con la expresión formulada por Florencio Del Pozo [11].

##### *Solución del sistema*

En el cálculo, se asume que el único refuerzo utilizado es la base de malla de alambre. Pero debido a exigencias de axial en depósitos medianos y grandes, se deduce que no es posible armar la estructura únicamente a base de dicho refuerzo ya que llega un momento en que la cantidad de refuerzo es tal que dificulta la adherencia mortero-acero.

Por ello J. Masó, C. Molins y A. Aguado [9] establecen como límite 4 mallas para una pared de ferrocemento, a partir del cual el material pasará a ser de mortero armado.

- Estructuras de ferrocemento

El dominio de cálculo viene determinado por una solución en forma de un par de valores  $e_0$  y  $A_{s0}$ :

$e_0$  = Espesor correspondiente al pre-dimensionamiento de la pared.

$A_{s0}$  = Sección de acero correspondiente al pre-dimensionamiento de la pared.

La solución de dicho par de valores nos indica el mínimo de armadura atendiendo a criterios resistentes y normativos.

#### - Estructuras de mortero armado

El dominio de cálculo pasa a ser únicamente el marcado por la condición resistente. Debido a ello nos encontramos en una situación con una ecuación y dos incógnitas, en donde las incógnitas son  $A_{sm}$  y  $e_0$

$A_{sm}$  = Sección de acero correspondiente al conjunto de mallas de alambre.

Con esta nomenclatura, tenemos que la diferencia  $A_{s0} - A_{sm}$  nos marca el refuerzo adicional en forma de electromalla o longitudinal que debemos añadir.

De la misma forma el valor de  $e_0$  únicamente nos marca el espesor ficticio en donde tendremos que disponer las mallas, al que tendremos que sumar el espacio necesario para las electromallas y el recubrimiento.

#### *Comprobaciones a fisuración*

##### - Resistencia a tracción

Tal y como lo indican Wainstok [5] y Llanes [10] la resistencia a tracción directa del ferrocemento, aumenta proporcionalmente a la superficie específica del refuerzo en la dirección cargada. Tomando como punto de partida de dicha resistencia la que nos proporciona el mortero.

##### - Resistencia a flexión

Se trata de comparar el momento flector de cálculo con el momento flector de fisuración y comprobar que el de cálculo es menor.

##### - Resistencia a cortante

Se trata de comparar el esfuerzo cortante de cálculo con el esfuerzo cortante de agotamiento y ver que el primero es menor. Como en nuestro caso no tenemos armaduras a cortante la único que tendremos que comprobar, es que el cortante de cálculo sea menor que el cortante de agotamiento por tracción en el alma.

##### - Abertura de fisura

La ACI [1,2] marca el límite para depósitos de ferrocemento en **50  $\mu$  m**.

Mientras que para el cálculo de la misma se acepta el procedimiento propuesto por Wainstok [5] y la EHE [11] y utilizada también por J. Masó, C. Molins y A. Aguado [9].

#### **4.2 Material complementario**

El material adjuntado:

Sesión 1:

Power point\_ Tanques de ferrocemento: Materiales

Material\_complementario: Sesión1\_propiedades del mortero

Material\_complementario: Sesión\_1\_refuerzo

Anejo 1

Anejo 2

Ejercicio\_resuelto1\_dosificación

Ejercicio propuesto 1\_ dosificación

Sesión 2:

Power point\_ Tanques de ferrocemento: Dimensionamiento

Material complementario: Sesión \_1\_dimensionamiento del tanque

Ejercicio\_resuelto 2\_dimensionamiento

Ejercicio propuesto 2\_dimensionamiento

Sesión 3:

Ferrocemento (métodos constructivos).

## 5. Referencias

- [1]ACI Comité 549: “Guide for the Design, Construction and Repair of Ferrocement” Structural Journal, USA, May-June, 1988.
- [2]ACI Comité 549: “State of the Art Report on Ferrocement. Última revision 1997.
- [3] Report of the executive Director,United Naciones Comisión on Human Settlements, Building Materiales for Housing. Habitat International vol. 17 No.2 pp. 1-20, 1993.
- [4] Cooperación per al desenvolupament a l’aula. Sergio Oliete Jose, Agustí Perez Foguet
- [5] Dr.Ing.Hugo Wainshtok: “Ferrocemento diseño y construcción”. Guayaquil-Ecuador 1998.
- [6] Neville A.M. Properties of Concrete, Longman edition, Pearson education, 1995.
- [7] Norma del ferrocemento URSS (traducido al español). 1988.
- [8] Del Pozo, F. "Depósitos cilíndricos circulares." Laboratorio central de ensayo de materiales de construcción, ETSICCP-UPM.
- [9]J. Masó, C. Molins, A. Aguado: “Diseño de tanques cilíndricos de ferrocemento para construir en comunidades rurales de países en desarrollo”. Febrero 2005.
- [10] Llanes Burón C. "El ferrocemento una opción frente a los desastres". IV Conferencia Latinoamericana y del caribe sobre ferrocemento. La Habana, 2003.
- [11] "Instrucción de hormigón estructural" (EHE), edición año 2000.

### Otros documentos:

- Khaidukov, G.K: “Development of Armocement Structures”, IASS, Diciembre 1968.
- Watt, S.B. "Ferrocement Water Tanks and their construction".
- Intermediate Technology Publications, Londres, 1978, 1ª edición. Última edición 1986.
- Shah, S.P. and W.H. Key. "Impact Resistance of Ferrocement", Journal of the Structure Division, ASCE, Vol. 98, USA, January, 1972.

# Rehabilitación del hospital Catalunya en los campos de refugiados saharauis de Tindouf (Argelia).

Sandra Bestraten, Emilio Hormias

Escola Superior d'Arquitectura de Barcelona / Escola Politècnica Superior de l'Edificació.

sandra.bestraten@upc.edu / emilio.hormias@upc.edu

## 1 Contexto

Asignatura: HABITATGE I COOPERACIÓ. ETSAB. 60 alumnos

## 2 Esquema

| OBJETIVOS  | METODOLOGIA   | EVALUACIÓN                                | TEMPORIZACIÓN                          |
|--|---|---|--|
| <b>CONCEPTUALES</b>  |   |   |  |
| <b>Diagnosis:</b> estado del edificio, problemática y herramientas de diagnosis.   | Sesiones teóricas   | Examen                                    | 1 sesión teórica<br>2 horas<br>GRUPO B |
| <b>Reparación:</b> soluciones habituales, solución aplicable en circunstancias de cooperación al desarrollo.                     |   |   |  |
| <b>ACTITUDINALES</b>   |   |   |  |
| Responsabilidad moral y desarrollo de los valores de ética cívica.   |   |   |  |
| <b>La causa Saharaui: la descolonización inacabada.</b>  | Sesión teórica<br>Intercambio y debate  | Participación en las discusiones de clase | 1 sesión teórica<br>1 hora<br>GRUPO A  |
| Sensibilidad hacia la multiculturalidad y el desarrollo humano.  |   |   |  |
| <b>La vida en un campo de refugiados: 30 años conviviendo con el desierto.</b>   | Sesión teórica<br>Trabajo con textos de refuerzo  | Participación en las discusiones de clase | 1 sesión teórica<br>1 hora<br>GRUPO A  |
| Percepción de los impactos sociales de la actividad profesional.   |   |   |  |
| <b>HOSPITAL CATALUNYA de Rabouni</b>   | Sesión teórica.   | Examen                                    | GRUPO B                                |
| Actitud participativa en la solución de problemas complejos.   |   |   |  |
| <b>Proyecto de Diagnosis y Rehabilitación.</b>   | Herramientas de diagnosis.<br>Ejercicio práctico  | Nota del ejercicio                        | 1 sesión práctica<br>1 hora<br>GRUPO C |
|  | Metodología participativa.<br>Charla de la experiencia de jóvenes expatriados in situ para la reparación. | Participación en las discusiones de clase | 1 sesión teórica<br>1 hora<br>GRUPO D  |
| <b>PROCEDIMENTALES</b>   |   |   |  |
| <i>Buscar, clasificar y comparar información relacionada con la sostenibilidad, el desarrollo humano y la multiculturalidad.</i> |   |   |  |

|   |  |
|---|--|
| <b>La causa Saharaui: la descolonización inacabada.</b>   | Vincular el contexto político actual y las contradicciones de la cooperación. Diferencia entre proyectos de emergencia y proyectos de cooperación para el desarrollo.  |
| <b>La vida en un campo de refugiados: 30 años conviviendo con el desierto.</b>  | Contrastar con otras situaciones de refugiados, por luchas políticas, conflictos bélicos o por desastres naturales   |
| <i>Relacionar conocimientos de disciplinas diferentes que confluyen en un problema.</i>   |  |
| <b>HOSPITAL CATALUNYA de Rabouni</b>  | Gestores de cooperación, arquitectos - geólogos<br>Personal sanitario saharauí y cooperantes   |
| <i>Formular hipótesis, descubrir contradicciones, sobre las opciones tecnológicas y sus impactos en los ámbitos sociales y ambientales.</i>   |  |
| <b>HOSPITAL CATALUNYA de Rabouni</b>  | Contradicciones:<br>- el problema del hospital en medio del desierto es el agua<br>- el sistema constructivo con estructura muraria de bloque de hormigón que tendría que ser ejemplar, ha dado más problemas que la construcción con soluciones de muy bajo coste como podría ser el “adobe”<br>Impacto social y ambiental<br>- las reparaciones y mantenimiento de las instalaciones obligan a los saharauis a invertir gran cantidad de recursos económicos que tienen que buscar en el exterior en forma de cooperación al desarrollo.<br>- estas reparaciones exigen la participación de constructores especializados, difíciles de encontrar entre la población saharauí, teniendo que recurrir a constructoras argelinas. |
| <i>Analizar críticamente el impacto social de la propia actividad profesional</i>   |  |
| <b>HOSPITAL CATALUNYA de Rabouni</b>  | Impacto social de la actividad profesional positivo.<br>- El diseño del edificio por arquitectos especializados en la realización de este tipo de equipamientos educativos a dado como resultado un edificio funcional y viable para el uso actual.<br>- El diseño incorporó elementos de la identidad arquitectónica de su tradición: patios de protección climática, cúpulas como cubierta en las habitaciones, lucernario en los pasillos a semejanza que en las ciudades árabes.<br>- El diseño del equipamiento incluyó una serie de soluciones constructivas como fueron las juntas estructurales que han hecho que las lesiones en el edificio fueran menos graves de lo que podrían ser.                                 |
|   | - La no presencia de una dirección técnica por parte de la ONG encargada de la construcción del edificio es una de las causas de los problemas actuales del mismo.   |
|   | - La reparación técnica del hospital llevada a cabo por profesores de la UPC, con jóvenes arquitectos desplazados de forma permanente al Sáhara ha permitido optimizar las soluciones propuestas.  |
| <i>Validación de la solución arquitectónica / Uso del edificio / negociación con el director y responsables sanitarios / El resto edificios entorno al hospital están hechos en adobe. / El agua como problema de los edificios en el desierto.</i> |  |

### **3 Descripción de las sesiones**

#### **3.1. *Objetivo de cada sesión o grupo de sesiones.***

##### **3.1.1. GRUPO A:**

- Definición de un proyecto de Emergencia y diferencia de un proyecto de cooperación para el Desarrollo.
- Estructura urbana y funcional de un campo de refugiados.
- Introducción al contexto geográfico e histórico de los Campos de Refugiados del Sahara.
- El caso atípico del sahara: un campo de refugiados desde hace 30 años. Confluencia entre los conceptos de la cooperación de emergencia y el desarrollo. Trabajar en los campos de refugiados saharauis de Tindouf.

##### **3.1.2. GRUPO B**

- Presentación del caso de estudio: el Hospital Catalunya en Rabouni.
- El sistema constructivo. Fábrica de bloques de hormigón. Tipologías. Lesiones habituales.

##### **3.1.3. GRUPO C**

- Capacidad de concretizar un cálculo de descenso de cargas de partes del edificio objeto de estudio, para poder interpretar las lesiones. Diagnósis.

##### **3.1.4. GRUPO D**

- Solución técnica a la problemática, adaptándola a las posibilidades técnicas y humanas de la zona.
- Importancia del seguimiento técnico en todo el proceso de reparación.

#### **3.2. *Metodología y temporización en las sesiones***

##### **3.2.1. GRUPO A: 2 horas**

- Clases teóricas con apoyo de imágenes en power point.
- Presentación de algún texto de lectura para comentar. (nota de prensa actual sobre la situación de los campos saharauis)

##### **3.2.2. GRUPO B: 2 horas**

- Clases teóricas con apoyo de imágenes en power point.
- Potenciar la participación de los alumnos para definir las diferentes hipótesis de las causas de las lesiones.

##### **3.2.3. GRUPO C: 1 hora**

- Ejercicio práctico. Corrección en público al final de la clase.
- Clase teórica con apoyo de imágenes en power point.

##### **3.2.4. GRUPO D: 1 hora**

- La sesión se estructuraría en dos partes. Una primera teórica con el proyecto de intervención. Justificando la soluciones adoptadas.
- La segunda hora de clase se invitaría a uno de los jóvenes arquitectos que participaron en la dirección de obra insitu para transmitir su experiencia en un entorno como el de los campos.

### 3.3. Descripción general de las sesiones

#### 3.3.1. GRUPO A:

- *Definición de un proyecto de Emergencia y diferencia de un proyecto de cooperación para el Desarrollo.*

### Cooperación de Emergencia: La Media Luna Roja Saharaui

La M.L.R.S., está oficialmente reconocida por los gobiernos como organismo de socorro autónomo y como auxiliar de los poderes públicos, particularmente de los servicios de salud civil y militar, en conformidad con las Convenciones de Ginebra.

Según lo establecido en sus Estatutos, de 12 de Octubre de 1976 (ver ANEXOS), su objetivo general es prevenir y atenuar los sufrimientos del ser humano, sin distinción de raza, nacionalidad, clase, religión o ideas políticas y para cumplir con esta misión realizará las siguientes actividades: 1) Entra en acción en caso de guerra, como auxiliar de los servicios sanitarios; 2) Coordinará todos los esfuerzos en vía de reintegración social de inválidos, heridos y traumatizados de guerra; 3) En caso de catástrofes o calamidades públicas distribuirá, rápida y eficazmente, los socorros de urgencia necesarios a los damnificados; 4) Contribuirá a la lucha contra las epidemias y a la prevención de las enfermedades, así como a la difusión de conocimientos en materia de higiene y de atención médica; 5) Formará, instruirá y dispondrá de enfermeras, asistentes sociales, socorristas, así como todo tipo de personal necesario para el cumplimiento de los objetivos de su misión; 6) Sostendrá y defenderá el desarrollo de una auténtica solidaridad humana internacional. 7) Fomentará el ideal y los principios humanitarios de la Cruz Roja, Creciente Rojo, del León y Sol Rojos, a fin de desarrollar el sentimiento de solidaridad y de mutua comprensión entre todos los hombres y todas las naciones.

Su ámbito territorial lo componen los departamentos de: Saguia el Hamra; Río de Oro; Adrar Settif; Tafudaret; Tiris; Um Dreiga; y los Campamentos de Refugiados.

Un proyecto de Emergencia da respuesta a una situación problemática de forma provisional durante un período limitado. Se considera que después de 6 meses, todo campo de refugiados debería desaparecer para dar paso a una nueva situación de estabilidad donde iniciar proyectos de cooperación al desarrollo.

- Estructura urbana y funcional de un campo de refugiados.

Presentación de un esquema funcional de un Campo de refugiados que se desarrolló en Kósovo, y que después de 7 meses desapareció porque se realojó la población afectada.

- Introducción al contexto geográfico e histórico de los Campos de Refugiados del Sahara.





En el año 1975 el Gobierno de Madrid procede a la entrega repartida del Sahara Occidental a Marruecos y Mauritania. En octubre se inicia la "Marcha verde" por parte de Marruecos y comienza la invasión militar marroquí y mauritana y la huida masiva de población civil saharauí que es atacada con napalm por la aviación marroquí. El Frente Polisario hizo frente a la ocupación marroquí y organizó la huida y el acogimiento de los refugiados que se establecen en campamentos, en la desértica región de Tinduf. Los saharauis viven dispersos entre su tierra originaria, y países vecinos como Mauritania, Mali y sobre todo Argelia, país que le presta desde la ocupación ayuda y acogida. En este último país, los campos de refugiados de Tinduf acogen a aproximadamente 200.000 personas.



## Emplazamiento

Los campamentos de refugiados saharauis (CRS) se hallan en territorio argelino, a unos 30 Km. de Tindouf (aeropuerto más cercano). Se trata de una región desértica (Hamada) con una casi total carencia de comunicaciones. Tan solo existe una carretera asfaltada de unos 150 Km. de Norte a Sur, y la mayoría de núcleos de población (wilayas) se hallan aislados y accesibles sólo por pista (o incluso sin ella) a través del desierto. Existen 4 núcleos regionales de población (wilayas) cada una con un promedio de 30-40 mil habitantes en cada una, divididas a su vez en municipios o "dairas" (de entre 5 y 7 mil habitantes). Estas a su vez se dividen en cuatro barrios.

Las condiciones climáticas son extremas, con temperaturas de hasta 50° en verano y bajo cero en invierno, frecuentes tormentas de arena y esporádicamente lluvias torrenciales que ocasionan graves inundaciones. Todo ello dificulta el mantenimiento de las infraestructuras educativas y hace muy complicada la accesibilidad de profesores y alumnado a los centros. Muchos de ellos (sobre todo internados de secundaria y centros de FP) se enclavan fuera de los núcleos urbanos en "tierra de nadie", a fin de resultar equidistantes de la mayoría de wilayas y poder recibir alumnos de todas ellas.



## Contexto histórico, breve introducción.

El caso atípico del sahara: un campo de refugiados desde hace 30 años. Confluencia entre los conceptos de la cooperación de emergencia y el desarrollo. Trabajar en los campos de refugiados saharauis de Tindouf.

La MLRS es la encargada de recibir, administrar y coordinar toda la ayuda humanitaria recibida en los campamentos de refugiados situados en Tindouf, Hamada argelina, lo cual lleva realizando desde hace 30 años.

En los Campos de refugiados de Sahara el período de tantos años en situación de provisionalidad ha derivado en la necesidad de cubrir las necesidades básicas sobre todo desde el punto de vista sanitario. En este contexto se enmarca el hospital que se va a analizar, construido en los años 1990 con tecnologías pesadas propias de los proyectos de cooperación para el desarrollo.

El año 2005, el Fons Català de Cooperació al Desenvolupament y la Universitat Politècnica de Catalunya - UPC, formalizaron un proyecto de colaboración para rehabilitar el Hospital Materno-infantil Catalunya de Rabuni, en los campos de refugiados saharauís de Tindouf (Argelia).



### 3.3.2. GRUPO B:

#### Contexto actual

La investigación y observación directa desarrollada, ha permitido la identificación de los siguientes problemas comunes:

- Infraestructuras deterioradas e inadecuadas para el desarrollo de los servicios sociales básicos. Muchas de las infraestructuras desarrolladas en los campamentos de saharauís fueron construidas o dotadas hace tiempo y se encuentran en pésimas condiciones, algunas de ellas impracticables para el desarrollo de sus funciones. La mayoría de ellas fueron construidas en términos provisionales y no están preparadas para soportar el peso de las nuevas demandas y necesidades surgidas de un período de sedentarización tan prolongado como el que vive la población saharauí.

- Equipamiento obsoleto y escasamente utilizable. Los equipamientos muchos servicios sociales se pueden considerar totalmente amortizados y la inmensa mayoría de ellos están completamente obsoletos, habiendo perdido –por sobre utilización y falta de renovación- su uso original y gran parte de sus utilidades. Las duras condiciones climáticas y ambientales (temperaturas extremas, viento, arena...) provoca un proceso de desgaste acelerado de los materiales y equipamientos básicos.

- Escasez de materiales y fungibles. La continua necesidad de reposición de los materiales consumibles en el desarrollo de los servicios públicos ha generado una situación de carencia crónica de los instrumentos necesarios para el desarrollo de los servicios sociales básicos. No existen los stocks necesarios para el desarrollo continuo de los servicios, sometiéndose a los mismos a dificultades de ejecución permanentes.

- Personal poco formado y motivado. El personal que se encarga en los campamentos de los servicios sociales básicos no está formado para la función que desarrolla. De igual manera, la falta de expectativas de desarrollo profesional y personal en los campamentos genera en un altísimo porcentaje de situaciones de falta de motivación, poca rentabilización de los escasos recursos existentes e inestabilidad, con el consiguiente perjuicio para usuarios y beneficiarios de los servicios.

- Escaso nivel de coordinación. Los servicios sociales desarrollados mantienen un muy escaso nivel de coordinación, desperdiciándose de esta manera recursos y generando situaciones de “vacío de competencias” en determinadas áreas clave de intervención.

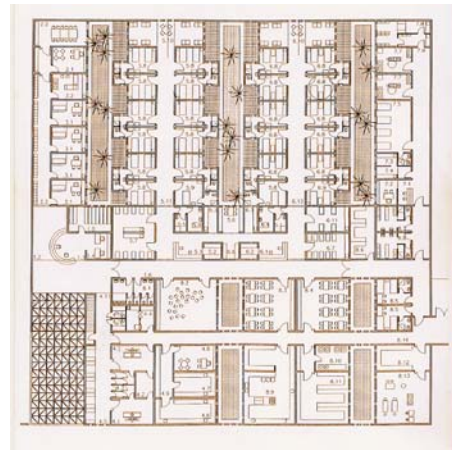
Estos problemas determinan un escenario de un sistema de satisfacción de las necesidades sociales inadecuado y sobrepasado por las necesidades reales de una población creciente, lo cual va en detrimento tanto de la calidad de vida de la población como de sus expectativas de desarrollo en el largo plazo en términos de capital social y humano.

- Hospital Catalunya: El sistema constructivo. Fábrica de bloques de hormigón. Tipologías. Lesiones habituales.

## El edificio objeto de la rehabilitación

El Hospital Catalunya es un edificio en planta cuadrada de 58,40x58,40 m. y 3.410 m<sup>2</sup> de superficie. Su diseño fue ideado por los arquitectos Humbert Costas y Manuel Gómez en el año 1997, que donaron el proyecto voluntariamente a la Asociación ACAPS – Asociación Catalana de Amigos del Pueblo Saharaui.

La arquitectura del hospital rescata referentes de la identidad arquitectónica de los 30 años de exilio en los campos de refugiados saharauis en el desierto, basados en conocidas soluciones bioclimáticas. El edificio está definido como una volumetría compacta en su perímetro exterior, para proteger del siroco o tormentas de arena. En cambio el interior se esponja con patios estrechos que fomentan la formación de zonas de sombra y la generación de corrientes de aire en el hospital. Los forjados son unidireccionales horizontales, excepto las habitaciones de hospitalización, que están cubiertas por unas cúpulas de 2,80 m de diámetro que alcanza en el punto alto 4 m respecto al pavimento, y que mejoran la sensación espacial y de temperatura de las habitaciones. Estas cúpulas han sido usadas en muchos de los equipamientos construidos en los campos, y fueron impulsadas por el ministro de construcción saharauí que las aprendió de los constructores canarios en la época de la colonia. Las ventanas son oberturas verticales y estrechas protegidas del sol y de la arena con porticones de madera de lamas horizontales orientables, para el control de la radiación solar. Para mejorar el grado de iluminación se han incorporado ventanas fijas con vidrio tipo pavés para iluminar pasillos y vestíbulos.



La estructura funcional del hospital responde a una clara organización racional de los espacios. Se estructura en un esquema de espina de pez, con un gran pasillo longitudinal que distribuye las dos grandes áreas del edificio: la de hospitalización y la de servicios. La primera se divide en cuatro alas: la zona de consultas, dos alas de habitaciones y maternidad. La zona destinada a servicios propios del hospital, se divide en tres alas: laboratorios, comedor, cocinas y farmacia. Entre cada una de las alas se forman intercaladamente unos patios entre las crujías construidas que permiten la ventilación de los espacios, a la vez que están protegidos del exterior.

El sistema constructivo del edificio, en cambio, se aleja de la tradición constructiva local. Por sus grandes dimensiones, el edificio está dividido mediante juntas de dilatación en 9 edificios que se corresponden aproximadamente con cada una de las alas antes expuestas. La ejecución de las juntas sólo ha dejado unos milímetros de separación entre edificios, y a veces incluso a “hueso”. No incorpora ningún tipo de material de sellado flexible que permita absorber las deformaciones frente a los movimientos que generan los contrastes climáticos del desierto. Estas juntas no son continuas en los cimientos y se han realizado en la mayor parte, por un doblado de muros. En cierta manera, permite el comportamiento estructural de forma independiente.

La estructura y cerramiento del edificio es de mampostería de bloque de hormigón confinada cada 4 o 5 metros con pórticos de pilares y jácenas de hormigón armado. El bloque de

hormigón ha sido fabricado in situ, cosa que ha redundado en la baja calidad del material, con dosificaciones pobres en cemento y con mucha agua para suplir las dificultades del curado en un clima tan cálido. Además, la arena de la mezcla es la propia del lugar, sin lavar y con alto contenido en sulfatos.

La cubierta es un forjado unidireccional de semivigueta, también fabricada in situ. En la zona de dormitorios la cubierta se ha resuelto con una cúpula por espacio, construida con piezas trapezoidales de hormigón en masa, que descansa sobre una losa maciza de hormigón armado.

Los patios del hospital están pavimentados con una solera de hormigón en masa de unos 10-15 cm de espesor. Las instalaciones están enterradas bajo este pavimento.

Los cimientos previstos inicialmente en proyecto consisten un entramado de zapatas aisladas de 60x60 cm bajo los pilares antes nombrados y riostras de 40x60 cm bajo las paredes de carga tipo. Según fuentes vivas, el Hospital Quirúrgico, construido previamente en aquella misma localización ya presentaba lesiones estructurales importantes. Probablemente, alertados por estas lesiones, los responsables de la construcción del hospital materno infantil, trabajaron con la hipótesis de un asentamiento diferencial por presencia de una escorrentía subterránea, dado que el terreno supuraba humedad. Ante esta tesitura, optaron por reforzar todavía más los cimientos en los puntos de apoyo de los pilares, donde la concentración de cargas es más alta, realizando pozos de cimentación bajo las zapatas aisladas.

## **Diagnosis.**

### **- Características singulares del terreno**

Una vez el hospital, tras presentar abundantes grietas en todo el conjunto del edificio, pasa a ser inspeccionado por el equipo de la UPC. La primera decisión fue hacer un estudio geotécnico. Pese a todas las dificultades técnicas que suponía hacer una inspección de este tipo en el desierto del Sáhara y casi sin medios, los geólogos Batlle y Mascareñas se desplazaron hasta los Campos de Refugiados para identificar el terreno. Se trajeron muestras de terreno a España para ser analizadas en laboratorio. De estas prospecciones se pudo comprobar que había dos tipos de terreno principales. El terreno natural a base de arenas verdosas compuestas por granos de cuarzo de diferentes tamaños con una fracción lutítica de hasta 57% (limo-arcilla) y aglutinados con un ligante formado por sulfatos (yeso). El otro tipo de terreno identificado es arena de duna en acumulaciones irregulares formada por material granular arenoso incohesivo de granulometría fina y muy fina, y un contenido lutítico de hasta el 34%. El contenido de  $\text{SO}_4^{=}$  en el terreno es tres veces superior al que recomienda la norma EHE para suelos, llegando en algún caso a 33 veces superior. Estamos, por lo tanto, ante un terreno muy agresivo y con un fuerte potencial expansivo. En definitiva un terreno colapsable, en especial en presencia de agua, una dura ironía en medio del desierto.



### **- Descripción de lesiones y causas.**

Las características especiales del terreno, desconocidas en el momento de ejecutar la obra del hospital, son una de las causas principales de las lesiones que presenta el mismo.

El edificio presenta grietas y fisuras generalizadas en casi todos los paños de muros de carga de mampostería de bloque de hormigón.





Encontramos grietas en verticales, horizontales, a 45° grados e incluso en cruz. La causa principal es el efecto expansivo del terreno en presencia de humedad, que levanta el edificio de forma diferencial provocando la fisuración indiscriminada de los muros que descansan sobre el mismo. El movimiento de expansividad también ha afectado a la solera y al pavimento interior del hospital, que ha sufrido movimientos de alabeo y aparición de pequeñas "fallas".

La presencia de humedad se debe principalmente escapes accidentales de las cañerías del agua sanitaria. El agua sanitaria al estar enterrada bajo el edificio, la mala calidad en la ejecución de las juntas de unión entre piezas, junto la fuerte agresividad del terreno, ha generado procesos de corrosión acelerados, que han desencadenado la pérdida de grandes volúmenes de agua que han sido retenidos por las arcillas del terreno, que junto con los sulfatos han alimentado la expansividad del terreno, que ha levantado el edificio de forma diferencial. Además el hecho de que el edificio tenga unos cimientos más sobredimensionados hace que la carga del peso del edificio transmitida al terreno sea menor, y este último al expandirse levante el edificio con más virulencia, provocando lesiones estructurales severas básicamente en paredes.

Estos movimientos del terreno han acelerado la rotura de los tubos de alcantarillado, que unidas a las pérdidas de los sanitarios de los baños, han acelerado la aportación de agua al terreno. La compacidad del edificio, sumado a que los pequeños patios de que dispone el edificio tienen una solera de hormigón, han impedido la evaporación (estamos en el desierto del Sáhara), del agua de los escapes, todos los movimientos y lesiones del edificio.

También hay fisuras relacionadas con los fuertes movimientos térmicos propios del clima del desierto, la causa principal es la falta de anchura de las juntas de dilatación. La junta no dispone de material plástico intermedio que absorba las deformaciones de dilatación entre los dos volúmenes edificados que separa. Además muchas de estas juntas se han abierto en forma de V, hasta 10 cm en la parte más ancha, debido a los movimientos en el edificio generados por la expansividad.

La excavación de la cimentación se hizo de una vez. Una vez realizada lo primero que se hormigonó fueron los pozos de cimentación. En ese tiempo las rasas destinadas a las riostras se llenaron con una capa de unos 20 cm de arena antes de armar y hormigonar, cosa que a provocado en paralelo a las lesiones por expansividad, la aparición de lesiones en muchos paños de mampostería debidos a asentamientos diferenciales locales de las riostras.

En relación a los forjados unidireccionales y cúpulas, éstos no presentan lesiones, más allá de alguna fisura por dilatación térmica. En esencia, se mueven de forma monolítica sobre los muros.

En cuanto a los materiales utilizados en la construcción, básicamente hablaríamos del hormigón armado y el bloque de hormigón. La resistencia del hormigón de las riostras a partir de los ensayos esclerométricos "in situ" da valores dispares entre 140 y 290 Kg/cm<sup>2</sup>. La porosidad da valores más negativos, estando entre 18% y el 24%. También se ha detectado una presencia importante de sulfatos (entre el 0,4% y el 4,3%). Estos resultados verifican lo que la observación directa nos dice, un hormigón pastado con mucha agua, para poder trabajarlo en condiciones de calor extrema y la utilización del agua sulfatada del subsuelo. A eso añadimos la presencia de un terreno agresivo. Cuando hablamos del bloque de hormigón de las paredes, fabricado insitu, hablaríamos de un material también poroso y frágil. Características también extrapolables al mortero de agarre. Todo junto provoca una mayor debilidad en las paredes frente los movimientos del terreno.

Podríamos resumir que a diferencia de lo que se decía antes de nuestra llegada: *"el edificio se hunde porque pasa un río subterráneo por debajo"*; en realidad es el terreno que empuja el

edificio hacia arriba en función de la cantidad de agua que van perdiendo todas las instalaciones del edificio, como si navegara sobre una marea.

### 3.3.3. GRUPO C

- Práctica de diagnosis. Descenso de cargas. Herramientas.

Ejercicio: Enunciado como material anexo

Descenso de cargas. Una vez conocida la problemática del Hospital, que es el empuje vertical de las arcilla expansivas y los sulfatos, se propone a los alumnos una práctica consistente en saber cual es la carga que transmite al terreno el edificio en diferentes puntos del mismo, y si ésta es superior o inferior a la que ejerce el terreno, para comprobar que los lugares más críticos coinciden con los puntos más dañados.



En el gráfico siguiente se ha asignado un color según las cargas de cada paramento estructural del edificio. Del dibujo se puede deducir que las zonas que “pesan menos”, es donde el terreno tiene “más fuerza” y son las zonas donde se concentran las lesiones.

### 3.3.4. GRUPO D

- Proyecto de rehabilitación.

La reparación del hospital se presenta como un gran handicap, dado que la solución pasaría por reforzar más de dos kilómetros lineales de riostras y zapatas buscando estratos más estables del terreno. A la dificultad técnica de este tipo de reparación, unida a la ubicación del edificio, en los campos de refugiados, sumado al coste de la operación, resultaría más caro que hacer un Hospital nuevo. Estos condicionantes hacen inviable su reparación integral, siguiendo las metodologías aplicadas en base a la legislación catalana o española.

Dada la situación excepcional del edificio como equipamiento de primera necesidad de los campos de refugiados, se optó por enfocar el proyecto de reparación en estabilizar al máximo los movimientos del edificio y garantizar su estabilidad, para que pueda ser utilizado para el fin que estaba diseñado. Por ello se optó por una solución que si bien no solventaba el origen de las lesiones (el movimiento del terreno) sí que permitiría que el hospital siguiese en funcionamiento minimizando, controlando, los factores que inciden de manera directa en la potenciación de la expansividad del terreno como son el control de la aportación de humedad al terreno desde las instalaciones del edificio. Esta hipótesis de trabajo tiene en cuenta que la pluviometría en la zona es casi inexistente.

Durante todo el proceso de diagnosis y reparación se ha instrumentalizado el edificio con testigos haciendo un seguimiento de los movimientos estructurales. Se utilizaron dos tornillos de cabeza hexagonal colocados en ambos lados de cada grieta que se iban midiendo con un pie de rey electrónico.

La primera fase del proyecto consistió en la anulación de las instalaciones de agua y alcantarillado existentes. Se levantaron todas las soleras de hormigón que pavimentaban



los patios del hospital para aumentar la superficie de ventilación del terreno.

La segunda fase consistió en la reubicación de los espacios húmedos, laboratorios, baños, de forma que no quedasen zonas húmedas con instalaciones enterradas en el terreno. Las instalaciones de agua y alcantarillado son registrables desde el exterior en los patios y evitando el contacto con el terreno. Además, de esta forma también se reduce el recorrido de las instalaciones y se evitan los tramos enterrados por el edificio.

Para el funcionamiento de la zona reparada se ha reinstalado la red de desagüe y de agua sanitaria. Se ha previsto un sistema de doble canalización. Las instalaciones de agua transcurren por el interior de una canal en U de hormigón armado dotada de doble capa de impermeabilización, una de mortero y otra de asfalto. Su función es proteger las tuberías de hierro de la agresión del terreno o la dilatación provocada por el sol, y al mismo tiempo recoger el agua en caso de posibles pérdidas en las cañerías y que ésta no entre en contacto con el terreno. Además en los puntos en que las instalaciones entran en el edificio, traspasan puntos rígidos se han dotado de holgura y pasa-tubos con la finalidad de absorber pequeños movimientos. La canalización de aguas de desecho hasta el colector general se han previsto también arquetas para las futuras conexiones con los otros patios.



Una vez conseguida la estabilización del edificio con la supresión de las pérdidas de agua se aplicaron los protocolos habituales de reparación de las grietas. Para evitar que las grietas volvieran a abrirse se fijó una malla en las zonas agrietadas con la finalidad de que esta absorbiera pequeños movimientos, de todas formas no se puede garantizar que estas no vuelvan a aparecer si los asentamientos diferenciales vuelven a resurgir con la presencia de agua.

Aun así donde mejor se puede observar los movimientos son en las juntas, ya que es en esos puntos donde el edificio no encuentra ninguna resistencia en abrirse. Dado que es una buena solución para evitar tensiones en la estructura, se optó por sanearlas y luego cubirlas con una chapa para evitar la entrada de arena, de esta forma siguen ejerciendo dicha función.

## Conclusiones

En cuanto a la lectura de los testigos, del seguimiento de los movimientos del edificio mediante los testigos se puede observar que por lo general el edificio no presenta movimientos importantes salvo una zona en el centro del edificio. Esta parte, comprendida por el pasillo de la segunda ala de las habitaciones, la cocina, el almacén de esta y la habitación del cocinero (ver testigos Y5, Y9, Y10, J4, S2 y S7), conforma una alineación, un eje, que funciona a modo de bisagra del edificio. Es probable, a falta de verificarlo con una cata de terreno, que se deba a un cambio en el terreno, una diferencia de estratos.

La lectura de los testigos el control sobre los movimientos corresponde a un periodo de tiempo muy corto aun más teniendo en cuenta que el edificio lleva años moviéndose. Es por ello que no se puede suponer que el edificio se haya ya asentado o que no se moverá en un futuro.



Como ya se ha dicho en anteriores ocasiones la solución adoptada no pretende finalizar con los movimientos, no atiende a la génesis de las patologías, sino que intenta controlar o minimizar las causas o posibles factores que influyen en el terreno. La finalidad de esta operación es la garantizar el uso de las instalaciones y la del hospital de tal manera que las variaciones de agua en el terreno influyan lo menos posible en éste.

### ***3.4. Descripción del material necesario para hacer las sesiones y complementario***

#### **3.4.1. GRUPO A:**

- Presentación de imágenes. Aula con equipo para presentación digital en pantalla. (power point)

#### **3.4.2. GRUPO B**

- Presentación de imágenes. Aula con equipo para presentación digital en pantalla. (power point)

#### **3.4.3. GRUPO C**

- Presentación de imágenes. Aula con equipo para presentación digital en pantalla. (power point)
- Se preparará una hoja con los datos y normas de referencia que los estudiantes pueden considerar en el descenso de cargas. Entrega en papel del enunciado del ejercicio práctico. (1 dinA-4 cada 2 alumnos)
- En esa misma sesión se aprovecharía para enseñar algún instrumental básico para trabajar en una diagnosis como la explicada. Desde el uso de pies de rey, a detectores de humedad.

#### **3.4.4. GRUPO D**

- Presentación de imágenes. Aula con equipo para presentación digital en pantalla. (power point)
- Posibilidad de invitar a alguno de los técnicos expatriados en los trabajos de reparación.

### ***3.5. Evaluación y seguimiento del aprendizaje de los alumnos.***

#### **3.5.1. GRUPO A**

- Participación en las discusiones de clase

#### **3.5.2. GRUPO B**

- Participación en las discusiones de clase
- Exámen.escrito.

Se hará un exámen de contenido teórico, con preguntas de conceptos de diagnosis y rehabilitación.

#### **3.5.3. GRUPO C**

- Puntuación del ejercicio de cálculo a entregar

#### **3.5.4. GRUPO D**

- Participación en las discusiones de clase



## **Abastecimiento de energía en comunidades aisladas en países en desarrollo**

*Enrique Velo García*

Grupo de Investigación en Cooperación y Desarrollo Humano

Universitat Politècnica de Catalunya

Av. Diagonal 647 – 08028 Barcelona

enrique.velo@upc.edu

### **1. Contexto**

El contexto para el que se ha diseñado la presente propuesta es el de la Universidad: Universitat Politècnica de Catalunya. La propuesta va dirigida a las siguientes titulaciones y asignaturas:

Titulación: Ingeniería Industrial

Centro: 240 E.T.S d'Enginyeria Industrial de Barcelona

| Asignatura                          | Departamento                | No. Alumnos |
|-------------------------------------|-----------------------------|-------------|
| 24312 Diseño de Equipos Térmicos I  | Máquinas y Motores Térmicos | 30          |
| 25327 Diseño de Equipos Térmicos II | Máquinas y Motores Térmicos | 30          |
| 25702 Tecnología Energética         | Física e Ingeniería Nuclear | 190         |

Titulación: Master Oficial en Sostenibilidad

| Asignatura  | Departamento            | No. Alumnos |
|---|-------------------------|-------------|
| 51600 Servicios Básicos y Desarrollo en Entornos Rurales Deprimidos | Matemática Aplicada III | 60          |

Titulación: Máster Oficial Agricultura para el Desarrollo

| Asignatura  | Departamento            | No. Alumnos |
|---|-------------------------|-------------|
| 51600 Servicios Básicos y Desarrollo en Entornos Rurales Deprimidos | Matemática Aplicada III | 40          |

Asignaturas de doctorado

| Asignatura  | Departamento                | No. Alumnos |
|---|-----------------------------|-------------|
| 28051 Procesos termoquímicos de aprovechamiento de la biomasa | Ingeniería Química          | 12          |
| 40028 Ingeniería y Desarrollo Humano: Energías Renovables     | Máquinas y motores térmicos | 2           |

### **2. Esquema**

Los ejes sobre los que se vertebra la propuesta formativa son los siguientes: sostenibilidad; desarrollo humano; complejidad / transdisciplinariedad y aprendizaje cooperativo.

Se propone el siguiente esquema, que incluye objetivos, metodología, sistema de evaluación y tiempo dedicado a cada una de las actividades programadas.

| OBJETIVOS  | METODOLOGÍA   | SISTEMA DE EVALUACIÓN   | TEMPORALIZACIÓN  |
|--|---|---|--|
| <p><b>CONCEPTUALES</b></p> <p><b>Comprender</b> la <b>relación entre el acceso a la energía y el desarrollo humano</b> en sus dimensiones económicas, sociales y medioambientales, así como su relación con el desarrollo sostenible.</p> <p><b>Conocer</b> y distinguir las particularidades de las diferentes tecnologías energéticas que aprovechan <b>fuentes de energía renovable</b>: evaluación de recursos, principios tecnológicos, ventajas y barreras, aplicabilidad y dimensionado.</p> <p><b>Reconocer</b> las aportaciones básicas de las tecnologías energéticas y de los proyectos de provisión de energía desde la perspectiva de la <b>promoción integral del desarrollo humano</b> a través de acciones de cooperación al desarrollo</p> <p><b>Conocer</b> el tipo y orden de magnitud de las <b>necesidades energéticas</b> de las familias y comunidades en el medio rural en Países en Desarrollo</p> <p><b>Identificar</b> las <b>necesidades</b> energéticas concretas de una familia, comunidad, servicio o sistema productivo.</p> | <p>La metodología de trabajo está basada en la investigación y la acción participativa, combinando sesiones expositivas con debates y conferencias, así como con el trabajo en grupo.</p> <p>El aprendizaje se fundamenta en la participación y el trabajo en equipo, potenciando la resolución de tareas mediante la aplicación de sistemas de discusión y participación que posibilitan una generación de conocimiento colectivo.</p> <p>Instrumentos de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sesiones teóricas de exposición de temas.</li> <li>- Sesiones de problemas. Resolución colectiva de ejercicios ilustrativos.</li> <li>- Realización de trabajos dirigidos en grupo.</li> <li>- Debates sobre temas controvertidos.</li> <li>- Visita a instalaciones.</li> <li>- Charla de un experto en la implantación de proyectos de cooperación para el desarrollo en energía.</li> </ul> <p>Instrumentos de apoyo: (materiales e intranet)</p> | <p>Evaluación continuada:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluación de los trabajos dirigidos</li> <li>- Participación en los debates</li> <li>- Tests de auto evaluación de cada uno de los temas.</li> <li>- Evaluación de los ejercicios hechos en clase.</li> </ul> | <p>3 sesiones teóricas de 2 horas</p> <p>2 sesiones de problemas de 1 hora</p> <p>2 sesiones de debate participativo de 1 hora.</p> <p>1 visita a instalaciones de 3 horas</p> <p>1 Charla de un experto de 1 hora.</p> <p>2 sesiones de puesta en común de los trabajos dirigidos de 2 horas.</p> |
| <p><b>ACTITUDINALES</b></p> <p><b>Sensibilidad</b> hacia los impactos económicos, ambientales y sociales de la implantación de los proyectos de abastecimiento energético, la sostenibilidad y la multiculturalidad.</p> <p><b>Actitud participativa</b> en la solución de problemas complejos.</p> <p>Desarrollo de los <b>valores</b> de la ética cívica relacionados con la participación ciudadana y la responsabilidad moral.</p>   |   |   |  |
| <p><b>PROCEDIMENTALES</b></p> <p><b>Saber analizar y plantear alternativas</b> sobre la viabilidad y sostenibilidad económica-financiera de los proyectos de abastecimiento energético.</p> <p><b>Saber analizar</b> las diferentes <b>opciones tecnológicas</b> para la provisión de servicios energéticos, tanto las clásicas como las basadas en fuentes renovables de energía.</p> <p><b>Saber</b> en qué contexto y en qué aplicaciones tiene sentido el uso de fuentes renovables.</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- El módulo dispondrá de material específico para su seguimiento.</li> <li>- Cada uno de los temas desarrollados en el aula dispondrá en la intranet de su correspondiente material de seguimiento y material complementario (textos, presentaciones, artículos, etc.).</li> <li>- La intranet dispondrá también del material de apoyo para la realización de las actividades</li> </ul>   |   |  |

| OBJETIVOS   | METODOLOGÍA                  | SISTEMA DE EVALUACIÓN | TEMPORALIZACIÓN |
|---|------------------------------|-----------------------|-----------------|
| <p><b>Desarrollar capacidades de identificación y análisis</b> de alternativas en proyectos de Cooperación al Desarrollo destinados a la provisión de energía y servicios energéticos para usos domésticos, comunitarios, productivos o de servicios.</p> <p><b>Saber valorar los impactos</b> económicos, ambientales y sociales de la implantación de los proyectos de abastecimiento energético.</p> | dirigidas y foros de debate. |                       |                 |

### Aplicación del esquema según las asignaturas

La aplicación del esquema formativo en Educación para el Desarrollo, a cada una de las asignaturas incluidas en el apartado de contexto, es diverso y se adapta, en cada caso, a los programas y temarios correspondientes.

| Asignatura  | Teoría  | Problemas  | Debates        | Trabajos Dirigidos | Visitas                     | Charlas  |
|---|---|--|----------------|--------------------|-----------------------------|--|
| 24312 Diseño de Equipos Térmicos I                                  | Tema 2.2. Tecnologías mejoradas de la biomasa | Problema 2, primera parte + cálculo de los gases de combustión | Sesión 2       |                    |                             |  |
| 25327 Diseño de Equipos Térmicos II                                 | Tema 2  | Problema 2   |                | Trabajo 2          |                             | Aplicación de la gasificación en países en desarrollo                        |
| 25702 Tecnología Energética   | Tema 1  |  | Sesiones 1 y 2 | Trabajo 1,1ªparte  | Medición del recurso eólico | Aplicación de las EE.RR en países en desarrollo                              |
| 51600 Servicios Básicos y Desarrollo en Entornos Rurales Deprimidos | Temas 1 a 7                                   | Problemas 1 y2   | Sesiones 1 y 2 | Trabajos 1 y 2     | Medición del recurso eólico | Energía y género   |
| 28051 Procesos termoquímicos de aprovechamiento de la biomasa       | Tema 2  | Problema 2   | Sesiones 1 y 2 | Trabajo 2          |                             | Aplicación de las tecnologías modernas de la biomasa en países en desarrollo |
| 40028 Ingeniería y Desarrollo Humano: Energías Renovables           | Temas 1 a 7                                   | Problemas 1 y2   | Sesiones 1 y 2 | Trabajos 1 y 2     | Medición del recurso eólico | Energía y género   |

### 3. Descripción de las sesiones

#### Sesiones teóricas

##### Objetivos

Los objetivos principales de las sesiones teóricas son los siguientes:

- Comprender la relación entre el acceso a la energía y el desarrollo humano en sus dimensiones económicas, sociales y medioambientales, así como su relación con el desarrollo sostenible.
- Conocer y distinguir las particularidades de las diferentes tecnologías energéticas que aprovechan fuentes de energía renovable: evaluación de recursos, principios tecnológicos, ventajas y barreras, aplicabilidad y dimensionado.
- Reconocer las aportaciones básicas de las tecnologías energéticas y de los proyectos de provisión de energía desde la perspectiva de la promoción integral del desarrollo humano a través de acciones de cooperación al desarrollo

##### Metodología

La metodología docente consiste en la exposición de temas con apoyo de presentaciones. Se describen a continuación 3 sesiones de 2 horas.

##### Descripción

Las sesiones teóricas abarcan 7 temas diferentes, según el siguiente esquema:

| Sesión | Tema  | Duración (minutos) |
|--------|---|--------------------|
| 1      | 1 Introducción a los proyectos de cooperación para el desarrollo en energía | 50                 |
|        | 2 Tecnologías mejoradas y avanzadas de la biomasa                           | 50                 |
| 2      | 3 Pequeños sistemas hidroeléctricos   | 50                 |
|        | 4 Sistemas solares fotovoltaicos  | 50                 |
| 3      | 5 Pequeños sistemas eólicos   | 50                 |
|        | 6 Energía solar térmica   | 25                 |
|        | 7 Tecnologías convencionales y análisis comparativo                         | 25                 |

#### TEMA 1: Introducción a los proyectos de cooperación para el desarrollo en energía

- 1.1 Enfoque del proyecto
- 1.2 Objetivos
- 1.3 Necesidades básicas
- 1.4 Opciones tecnológicas
- 1.5 Infraestructuras energéticas
- 1.6 Barreras a la implantación de las energías renovables

#### TEMA 2: Tecnologías mejoradas y avanzadas de la biomasa

- 2.1 Biomasa como fuente energética
- 2.2 Tecnologías mejoradas
- 2.3 Tecnologías avanzadas

#### TEMA 3: Pequeños sistemas hidroeléctricos

- 3.1 Clasificación
- 3.2 Fundamentos
- 3.3 Criterios de diseño

#### TEMA 4: Sistemas solares fotovoltaicos

- 4.1 Propiedades de la energía solar fotovoltaica
- 4.2 Descripción del sistema fotovoltaico
- 4.3 Dimensionado de instalaciones
- 4.4 Aplicaciones

#### TEMA 5: Pequeños sistemas eólicos

- 5.1 Tipos de sistemas
- 5.2 Energía extraíble con una aeroturbina
- 5.3 Sistemas de aprovechamiento eólico
- 5.4 Estudio del Aerogenerador IT-PE-100

#### TEMA 6: Energía solar térmica

- 6.1 Agua caliente
- 6.2 Cocinas solares
- 6.3 Secadores solares
- 6.4 Aplicaciones en edificación
- 6.5 Potabilización de agua

#### TEMA 7: Tecnologías convencionales y análisis comparativo

- 7.1 Motores de combustión interna
- 7.2 Queroseno y Gases licuados de petróleo (GLP)
- 7.3 Red eléctrica
- 7.4 Alternativas para la electrificación rural

##### *Materiales de apoyo*

Los materiales de apoyo para la impartición de las sesiones teóricas y su seguimiento por parte de los alumnos son los siguientes:

- 1 Presentación por cada uno de los temas de exposición.
- Texto de lectura que complementa las exposiciones.
- 1 Test de preguntas multirespuesta o de cálculo simple sobre los contenidos de los siete temas.

##### *Evaluación y seguimiento*

La evaluación de la asimilación de los conceptos expuestos en las sesiones teóricas se lleva a cabo mediante tests con apoyo de intranet. Los test serán de tipo “adaptativo” para mejorar la tarea de aprendizaje por parte de los alumnos.

#### **Sesiones de problemas**

##### *Objetivos*

Los objetivos principales de las sesiones de problemas son los siguientes:

- Desarrollar habilidades para el correcto dimensionado de instalaciones autónomas de abastecimiento de energía eléctrica.
- Desarrollar capacidades de trabajo cooperativo.

##### *Metodología*

En las sesiones de problemas se plantea a los alumnos un ejercicio de dimensionado de una instalación autónoma para abastecimiento de energía eléctrica. Se realizan en un aula informática con el fin de que tengan herramientas de cálculo disponibles.

Los alumnos se dividen en grupos de 2 ó 3 personas que resolverán los ejercicios con apoyo del facilitador de la sesión. En la parte final de la sesión los diferentes grupos exponen, comparan y debaten los resultados obtenidos y las hipótesis que han tenido en cuenta para el cálculo.

##### *Descripción*

Las sesiones de problemas abarcan 2 temas diferentes, según el siguiente esquema:

| Sesión | Contenido   | Duración (minutos) |
|--------|---|--------------------|
| 1      | <p>Prediseño de un generador solar fotovoltaico para la isla de Amantaní en la región de Puno (Perú)</p> <p>Realización de un ejercicio de cálculo consistente en realizar el prediseño de una instalación de energía solar fotovoltaica de una casa en la isla de Amantaní (Perú). Se proporcionan datos sobre demandas de consumo, así como software de cálculo y especificaciones técnicas de los equipos a instalar.</p>  | 60                 |
| 2      | <p>Producción de electricidad con gas de madera</p> <p>A partir de la descripción de un residuo agrícola como el bagazo de caña, los alumnos deben realizar una serie de cálculos que incluyen:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Volumen, composición y poder calorífico del gas de síntesis generado en un gasificador.</li> <li>2. Potencia mecánica producida por un motor de 4 tiempos.</li> <li>3. Electricidad generada, consumo de bagazo y rendimiento.</li> </ol> | 60                 |

#### *Material de apoyo*

Los materiales de apoyo para la impartición de las sesiones de problemas y su seguimiento por parte de los alumnos son los siguientes:

Para el sistema fotovoltaico:

- Lectura del tema de sistemas fotovoltaicos.
- Anexo de dimensionado de instalaciones fotovoltaicas.
- Software de cálculo de la irradiación media disponible en el lugar.
- Hoja de cálculo del método del “mes peor”.
- Especificaciones técnicas de los equipos.

Para la producción de gas de síntesis:

- Lectura del tema de tecnologías de la biomasa.
- Ejemplo de cálculo.
- Plantilla de cálculo.

#### *Evaluación y seguimiento*

Se evaluarán los ejercicios resueltos durante las dos sesiones. La evaluación tendrá en cuenta:

- La exactitud de los resultados obtenidos.
- La claridad en la presentación de los resultados y de los cálculos intermedios.
- La participación de los grupos en la exposición y debate de los resultados.

### **Sesiones de debate participativo.**

#### *Objetivos*

Los objetivos principales de las sesiones de debate participativo son los siguientes:

- Reflexionar sobre el derecho al acceso a servicios energéticos suficientes, fiables y asequibles como derecho humano fundamental.
- Reflexionar sobre las barreras que frenan el desarrollo energético rural en países en desarrollo y en particular sobre la aplicación de tecnologías que aprovechan fuentes renovables de energía.
- Reflexionar sobre los conceptos de “energía renovable” y “energía sostenible” en base a la aplicación de criterios de sostenibilidad a las tecnologías que aprovechan diferentes fuentes de energía, así como a la gestión de los recursos y sistemas energéticos.
- Reflexionar sobre en qué contexto y en qué aplicaciones tiene sentido el uso de fuentes renovables de energía.

### *Metodología*

Los debates se basan en el aprendizaje colectivo a través del intercambio de puntos de vista y valoraciones. La dinámica participativa será dinamizada por una persona que actuará de facilitadora, exponiendo una serie de preguntas y cuestiones a debatir.

### *Descripción*

Las sesiones de debate abarcan 2 temas diferentes, según el siguiente esquema:

| Sesión | Contenido   | Duración (minutos) |
|--------|---|--------------------|
| 1      | Debate sobre las barreras que frenan el desarrollo energético rural, la implantación de sistemas autónomos de abastecimiento de electricidad y, en particular, la implantación de tecnologías basadas en el aprovechamiento de fuentes renovables de energía. | 60                 |
| 2      | Debate sobre “energías renovables”. ¿Son sostenibles todas las tecnologías llamadas “renovables”? ¿Cómo influye la gestión de los recursos en cada caso?  | 60                 |

### *Material de apoyo*

Los materiales de apoyo para la facilitación de las sesiones de debate y la participación en los mismos por parte de los alumnos son los siguientes:

- 1 artículo por sesión para su lectura previa al debate.
- Texto orientativo para el facilitador de la sesión.

### *Evaluación y seguimiento*

Se valorará la intervención en los debates, teniendo en cuenta la actitud participativa, así como la calidad y originalidad de las intervenciones.

## **Visita a instalaciones**

### *Objetivos*

Los objetivos principales de visitas a instalaciones son los siguientes:

- Aprender a evaluar el recurso eólico y a determinar el comportamiento de un aerogenerador.
- Fomentar la participación y el aprendizaje en grupo.
- Conocer de forma directa y práctica una de las tecnologías energéticas aplicables en entornos rurales deprimidos.
- Reflexionar sobre el concepto de tecnología apropiada y tecnología para el desarrollo humano.

### *Metodología*

Visita a una instalación de campo, con explicaciones in situ de su funcionamiento, de 3 horas de duración. Eventualmente los estudiantes pueden realizar algunas mediciones.

### *Descripción*

La actividad consiste en una visita a una instalación donde se lleva a cabo la medición del recurso eólico y donde se encuentran instalados aerogeneradores de baja potencia, fabricados según el concepto de tecnología apropiada.

Además de la explicación del funcionamiento del aerogenerador y de los principios de la evaluación del recurso eólico, se pueden realizar, si los equipos están disponibles, actividades prácticas como:

- Medida experimental del recurso eólico.
- Tratamiento de los datos de campo.
- Medida de las prestaciones de un aerogenerador de baja potencia

### *Material de apoyo*

Los materiales de apoyo para la realización de la actividad son los siguientes:

- Lectura sobre el tema de energía eólica (tema 5).
- Lectura complementaria sobre la evaluación del recurso eólico.
- Instalación experimental de microeólica con aparatos de medida de viento y registro de datos, aerogenerador y aparatos de medida de sus prestaciones.
- Documento de descripción de la instalación. Incluye planos de situación y coordenadas en Google Earth.

En el material de apoyo se describe la instalación de la UPC en fase de construcción. Esta descripción puede servir de base para la construcción de instalaciones similares en otras universidades. En la web <http://www.scoraigwind.com/> [fecha de consulta 8.10.2007] pueden encontrarse manuales para la construcción de turbinas de baja potencia. También existe la posibilidad de que los alumnos sean quienes construyan su propia turbina eólica mediante un taller práctico. En el documento de descripción de la instalación se citan otras referencias útiles para la construcción de los aerogeneradores, así como para obtener información sobre su funcionamiento.

El estudio del funcionamiento del aerogenerador puede incluirse asimismo de forma transversal en materias como *mecánica, máquinas eléctricas, mecánica de fluidos y/o cálculo de estructuras*.

#### *Evaluación y seguimiento*

Se evaluará la participación en la actividad.

### **Charla de un experto**

#### *Objetivos*

El objetivo principal de las charlas de expertos es el siguiente:

- Sensibilizar respecto los impactos económicos, ambientales y sociales de la implantación de los proyectos de abastecimiento energético, la sostenibilidad y la multiculturalidad.

#### *Metodología*

Se programa una charla de 1 hora aproximada de duración con una exposición inicial de unos 40 minutos a la que le sigue la realización de preguntas y el eventual debate sobre el tema expuesto.

#### *Descripción*

La actividad consiste en una charla en la que un experto en implantación de proyectos de energía en zonas rurales de países en desarrollo realiza una exposición de unos 40 minutos. Posteriormente, se dedica el resto de la sesión a la realización de preguntas y debate. El tema estará centrado en los impactos económicos, ambientales y sociales de la implantación de proyectos de abastecimiento energético, la sostenibilidad y la multiculturalidad. El experto basará y/o ilustrará sus argumentaciones en experiencias prácticas personales.

#### *Material de apoyo*

Ninguno

#### *Evaluación y seguimiento*

Se valorará la asistencia, así como la participación en el debate.

### **Trabajos dirigidos**

#### *Objetivos*

Los objetivos principales de los trabajos dirigidos son los siguientes:

- Fijar, ordenar y poner en práctica los conocimientos impartidos en el módulo.
- Desarrollar criterios propios y capacidad de análisis crítico de las intervenciones.
- Conocer el tipo y orden de magnitud de las necesidades energéticas de las familias y comunidades en el medio rural en Países en Desarrollo



- Identificar las necesidades energéticas concretas de una familia, comunidad, servicio o sistema productivo.
- Saber analizar y plantear alternativas sobre la viabilidad y sostenibilidad económica–financiera de los proyectos de abastecimiento energético.
- Saber analizar las diferentes opciones tecnológicas para la provisión de servicios energéticos, tanto las clásicas como las basadas en fuentes renovables de energía.
- Saber en qué contexto y en qué aplicaciones tiene sentido el uso de fuentes renovables.
- Desarrollar capacidades de identificación y análisis de alternativas en proyectos de Cooperación al Desarrollo destinados a la provisión de energía y servicios energéticos para usos domésticos, comunitarios, productivos o de servicios.
- Saber valorar los impactos económicos, ambientales y sociales de la implantación de los proyectos de abastecimiento energético.

#### *Metodología*

Una vez realizadas las sesiones de teoría y problemas, se reparten los estudiantes en diferentes grupos de trabajo. Se les suministra un trabajo a realizar durante un período de dos a tres semanas.

Finalizado el período de realización del trabajo en grupo, se programan dos sesiones de presentación de los trabajos, una por trabajo, con una duración de 2 horas cada una.

Durante el período de realización del trabajo se pueden programar sesiones presenciales de tutoría, o bien realizar ésta a través de la intranet.

#### *Descripción*

Los trabajos dirigidos a llevar a cabo son los siguientes:

| Trabajo | Contenido  |
|---------|--|
| 1       | <i>Estudio de las necesidades, evaluación de recursos, estudio de alternativas y predimensionado para abastecer de electricidad a una comunidad aislada de la selva peruana.</i> |

Se proporciona a los estudiantes una información de base para que establezcan las demandas de energía eléctrica de una comunidad. Se le suministra además datos sobre recursos renovables de la zona y precios aproximados de instalación de cada una de las alternativas. Una vez seleccionada la alternativa más adecuada, se les tutoriza para que hagan un dimensionado de las instalaciones, una planificación de la ejecución y un estudio del impactos sociales y ambientales.

El trabajo se divide en tres partes con el fin de dar más facilidad al tutor para incluir una parte o varias en su asignatura, así como para flexibilizar.

#### *Tiempo estimado de dedicación por parte de los alumnos*

|               |      |
|---------------|------|
| Primera parte | 6 h  |
| Segunda parte | 6 h  |
| Tercera parte | 11 h |
| Presentación  | 2 h  |
| TOTAL         | 25 h |

---

2 *Abastecimiento de electricidad y calor a una pequeña industria agroalimentaria en una comunidad rural en un país en desarrollo.*

Se estudia, para un caso concreto, la producción de residuos lignocelulósicos y sustrato de la actividad agropecuaria de la zona. A partir de aquí, se estudian las alternativas de producción de gas de síntesis (mediante gasómetros) o de biogás (mediante biodigestores), las alternativas para el acondicionamiento de los gases, y para la producción de electricidad y o/calor del gas obtenido. Se lleva a cabo el dimensionado de la instalación, sea por gasificación o por biodigestión, un estudio económico de viabilidad y los estudios de impacto ambiental y social.

El trabajo se divide en tres partes con el fin de dar más facilidad al tutor para incluir una parte o varias en su asignatura, así como para flexibilizar.

Tiempo estimado de dedicación por parte de los alumnos

|               |      |
|---------------|------|
| Primera parte | 6 h  |
| Segunda parte | 6 h  |
| Tercera parte | 11 h |
| Presentación  | 2 h  |
| TOTAL         | 25 h |

---

*Material de apoyo*

Los materiales de apoyo para la realización de la actividad son los siguientes:

- Lecturas de los temas expuestos en las sesiones de teoría.
- Solución de los problemas planteados en las sesiones de problemas.
- Lectura sobre identificación de necesidades.
- Lectura sobre evaluación de recursos.
- Enunciado de los trabajos a realizar.
- Datos socio-económicos de las comunidades donde se pretenden instalar los sistemas.
- Datos sobre la producción arroceras en la selva peruana.

*Evaluación y seguimiento*

La evaluación tendrá en cuenta:

- La calidad global de los trabajos presentados.
- La exactitud de los resultados obtenidos.
- La claridad en la presentación de los resultados y de los cálculos intermedios.
- La originalidad de las soluciones propuestas y la argumentación de las mismas.
- La presentación del trabajo y su defensa en las sesiones presenciales.

#### **4. Recursos**

El CD adjunto contiene los siguientes recursos de apoyo:

Glosario de términos utilizados en los materiales didácticos de este módulo.

Para las sesiones de teoría.

8. Lecturas complementarias a los temas tratados en las sesiones de teoría.
  - a. 1-Introducción a los proyectos de cooperación para el desarrollo en energía
  - b. 2-Tecnologías mejoradas y avanzadas de la biomasa
  - c. 3-Pequeños sistemas hidroeléctricos
  - d. 4-Sistemas solares fotovoltaicos
  - e. 5-Pequeños sistemas eólicos
  - f. 6-Energía solar térmica
  - g. 7-Tecnologías convencionales y análisis comparativo

9. 1 presentación en MS Powerpoint por cada uno de los temas de exposición.
10. 1 Test de preguntas multirespuesta o de cálculo simple.
  - a. Enunciado
  - b. Respuestas

Para las sesiones de problemas:

11. Enunciados de los problemas a plantear y material de apoyo para los alumnos.
  - a. Prediseño de un generador solar fotovoltaico para la isla de Amantaní en la región de Puno (Perú)
    - i. Anexo de dimensionado de instalaciones fotovoltaicas.
    - ii. Software de cálculo de la irradiación media disponible en el lugar.
    - iii. Hoja de cálculo del método del “mes peor”.
    - iv. Especificaciones técnicas de los equipos.
  - b. Producción de electricidad con gas de madera
    - i. Ejemplo de cálculo.
    - ii. Plantilla de cálculo.
12. Soluciones de los problemas.

Para las sesiones de debate.

13. Texto orientativo para el facilitador de la sesión
  - a. Debate sobre barreras.
  - b. Debate sobre energías renovables.
14. Artículos para la lectura previa al debate.
  - a. Se suministran varios artículos entre los cuales el facilitador escogerá uno para cada sesión, a su criterio.

Para la visita a instalaciones:

15. Instalación de energía microeólica
  - a. Descripción de la Instalación experimental con aparatos de medida de viento y registro de datos, aerogenerador y aparatos de medida de sus prestaciones de la Universitat Politècnica de Catalunya. Guía para la construcción de la instalación y presupuesto estimado.
  - b. Lectura para los alumnos sobre evaluación del recurso eólico.

Para los trabajos dirigidos:

16. Estudio de las necesidades, evaluación de recursos, estudio de alternativas y predimensionado para abastecer de electricidad a una comunidad aislada de la selva peruana.
  - a. Guía para el facilitador.
  - b. Descripción del trabajo a realizar para cada una de las tres partes.
  - c. Material complementario para los alumnos
    - i. Lectura sobre identificación de necesidades.
    - ii. Lectura sobre evaluación de recursos.
    - iii. Información de base para que establezcan las demandas de energía eléctrica de una comunidad.
    - iv. Datos sobre recursos renovables de la zona
    - v. Precios aproximados de instalación de cada una de las alternativas
  - d. La información socio-económica contiene:
    - i. Introducción
    - ii. Situación de la región: contexto social, económico y localización de la región de Loreto.

- iii. Localización del pueblo, datos generales.
  - iv. Mapa del pueblo
  - v. Construcción y características viviendas.
  - vi. Aspectos sociales, políticos, horarios de la gente...
  - vii. Sistema económico.
  - viii. Ocio y cultura.
  - ix. Asistencia médica
  - x. Colegios y educación
  - xi. Transporte y comunicación.
  - xii. Actividades económicas productivas. (ganadería, pesca, agricultura, otros...)
  - xiii. Fuentes de energía actuales y su funcionamiento.
  - xiv. Recursos energéticos existentes.
  - xv. Importación de materiales.
17. Abastecimiento de electricidad y calor a una pequeña industria agroalimentaria en una comunidad rural en un país en desarrollo.
- a. Descripción del trabajo a realizar.
  - b. Material complementario para los alumnos
    - i. Información de base para que establezcan la disponibilidad de recursos de biomasa y analicen las alternativas de suministro eléctrico a la pequeña industria agroalimentaria.

## 5. Bibliografía

### Básica

De Juana, J.M. (2003) Energías Renovables para el Desarrollo. Paraninfo - Thomson Learning.

Anderson, T. Doig, A., Rees, D., Khennas, S (1999) Rural Energy Services. A handbook for sustainable energy development. IT Publications.

Velo, E., Sneij, J., Delcòs, J. eds. (2006) Energía, Participación y Sostenibilidad. Ingeniería Sin Fronteras.

Wilkins, G. (2002) Technology Transfer for Renewable Energy. Overcoming Barriers in Developing Countries. Earthscan.

### Complementaria

AIE (2002), World Energy Outlook (WEO) 2002. Agencia Internacional de la Energía. París.

AIE (2004), World Energy Outlook 2004. Agencia Internacional de la Energía, París

ISF-Ingeniería Sin Fronteras. (1999) Energía solar fotovoltaica y cooperación para el desarrollo. IEPALA. Madrid-

Karekezi, S., Lata, K., Coelho, S.T. (2004) "Traditional biomass energy". International Conference for Renewable Energies. Bonn (Germany).

PNUD (2000). World Energy Assessment (WEA). Energy and the challenge of Sustainability. Plan de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

PNUD (2004), World Energy Assessment. 2004 update. PNUD.

PNUD (2005a). Achieving MDG: the role of energy services.

PNUD (2005b). Energizing Millennium Development Goals. A Guide to Energy's Role in Reducing Poverty.

PNUD-ESMAP (2005). Energy Services for the Millenium Development Goals. A joint publication of the UNDP, UN Millennium Project, the World Bank, and the joint UNDP-World Bank Energy Sector Management Assistance Programme (ESMAP)

Rodríguez, J.L., Arnalte, S., Burgos, J.C., (2003) Sistemas eólicos de producción de energía eléctrica. Rueda S.L, Madrid.

Sánchez-Campos, T., Ramírez-Gastón, J. (1995) Manual de mini y microcentrales hidráulicas. ITDGPerú. Lima.

UN-Energy (2005) The Energy Challenge for Achieving the Millennium Development Goals. UN-Energy.

## **Tecnología energética para el desarrollo humano**

*Lluís Batet\**, *Goeske de Jong\*\**, *Guillem Cortés\*\*\** i *Carme Pretel\*\*\*\**

Departament de Física i Enginyeria Nuclear

E. T. S. Enginyeria Industrial de Barcelona

Av. Diagonal 647

08028 - Barcelona, Spain

lluis.batet@upc.edu\*, goeskedejong@gmail.com\*\*, guillem.cortes@upc.edu\*\*\*,

carme.pretel@upc.edu\*\*\*\*

### **1. Contexto**

El documento elaborado sobre Tecnología Energética para el Desarrollo Humano es una propuesta de contenidos adicionales para la asignatura *Tecnología Energética* del Departamento de Física e Ingeniería Nuclear de la E. T. S. d'Enginyeria Industrial de Barcelona. Dicha asignatura es troncal y optativa de 5º curso para las titulaciones de Ingeniería Industrial y de Ingeniería Química, respectivamente.

Se imparte tanto en el cuatrimestre de otoño como en el de primavera. El número de alumnos es elevado, más de 300 por curso, unos 180 en el cuatrimestre de otoño y unos 150 en el cuatrimestre de primavera. Cada cuatrimestre los alumnos se dividen en 3 grupos de teoría que, a su vez, se subdividen cada uno en 2 grupos de ejercicios. Cada estudiante tiene 4 horas de clase a la semana (2 de teoría y 2 de problemas) durante unas 12 o 13 semanas.

Se pretende, dentro de una asignatura de fuerte contenido tecnológico, profundizar en conceptos relacionados con el Desarrollo Humano que actualmente sólo se tocan de manera tangencial.

El acceso a la energía ha sido reconocido como una de las claves para lograr los objetivos de desarrollo del milenio. En este marco, se desea que el estudiantado resuelva problemas tecnológicos de abastecimiento de energía en zonas pobre de países en vías de desarrollo.

Cerca de mil millones de personas en el mundo todavía no tienen acceso a la electricidad. El número de personas que satisfacen sus necesidades de energía térmica con biomasa tradicional aún es más elevado (uno dos mil quinientos millones), con los problemas asociados de deforestación, falta de materia orgánica en los campos, problemas respiratorios y oculares en mujeres y niños. Proporcionar energía eléctrica o una fuente de energía térmica más adecuada contribuirá a mejorar la calidad de vida de las personas.

### **2. Esquema**

El presente documento incorpora los siguientes ejes: sostenibilidad, desarrollo humano, complejidad/transdisciplinariedad, aprendizaje cooperativo.

A continuación se propone un esquema que incluye objetivos, metodología, sistema de evaluación y tiempo dedicado a cada una de las actividades programadas.

**Tabla 1. Esquema de las sesiones**

| OBJETIVOS   | METODOLOGÍA   | SISTEMA DE EVALUACIÓN  | TEMPORALIZACIÓN  |
|---|---|--|--|
| <b>CONCEPTUALES:</b><br><br><b>Conocer</b> las líneas generales de las teorías actuales sobre el desarrollo humano.<br><br><b>Comprender</b> la relación entre el acceso a la energía y el desarrollo humano y sostenible.<br><br><b>Conocer</b> todas las transformaciones por las que tiene que pasar la energía desde su estado como “fuente de energía” hasta su utilización como “servicio energético”.<br><br><b>Comprender</b> las implicaciones estratégicas y de seguridad de suministro de las diferentes fuentes de energía.<br><br><b>Ubicar</b> en el contexto de la globalización y la interdependencia toda la problemática asociada a la energía: aspectos económicos, sociales y medioambientales. | Sesiones teóricas donde se exponen los fundamentos de la asignatura.<br><br>Sesiones de problemas donde se realizan trabajos en equipo.<br><br>Realización de actividades individuales o colectivas en las sesiones teóricas.<br><br>Realización de actividades individuales o colectivas fuera del aula. | Prueba a mitad del cuatrimestre.<br><br>Examen final al concluir el cuatrimestre.<br><br>Evaluación del trabajo tutelado.<br><br>Evaluación de las actividades del curso:<br><br>- Evaluación de los ejercicios realizados en las sesiones teóricas y en las sesiones de problemas y de los trabajos realizados fuera del aula.<br>- Evaluación de la prueba individual de grupo.<br>- Valoración personal del profesor a partir de la observación de las actividades realizadas en clase. | 12 sesiones teóricas de 2 horas.<br><br>12 sesiones de problemas de 2 horas. |
| <b>ACTITUDINALES:</b><br><br><b>Sensibilidad</b> hacia aspectos como el riesgo, el impacto ambiental, la eficiencia energética, la optimización económica o la seguridad de suministro en la implantación de proyectos de abastecimiento energético, la sostenibilidad y el desarrollo humano.<br><br>Desarrollo de los <b>valores</b> de justicia, solidaridad e igualdad a partir de relacionar las situaciones de conflicto y de subdesarrollo con las necesidades energéticas globales.<br><br>Desarrollo de los <b>valores</b> de la ética cívica relacionados con la participación ciudadana y la responsabilidad moral<br><br><b>Actitud participativa</b> en la solución de problemas complejos.            | Realización de un trabajo tutelado en equipo.<br><br>Conferencias a cargo de profesores y de profesionales del sector energético.   |  |  |
| <b>PROCEDIMENTALES:</b><br><br><b>Buscar, clasificar y comparar</b> información relacionada con temas energéticos y ambientales.<br><br><b>Desarrollar un pensamiento crítico</b> hacia las informaciones y proyecciones sobre energía y economía de la energía que dan los organismos oficiales y no oficiales, así como la prensa.<br><br><b>Iniciarse</b> en la redacción, exposición, defensa oral y evaluación de informes técnicos.<br><br><b>Mejorar</b> las habilidades de trabajo en equipo.   |   |  |  |

### 3. Descripción de las sesiones

#### 3.6. Sesiones teóricas

##### *Objetivos*

Los objetivos principales de las sesiones teóricas son:

- Conocer las líneas generales de las teorías actuales sobre el desarrollo humano.
- Comprender la relación entre el acceso a la energía y el desarrollo humano y sostenible.
- Conocer todas las transformaciones por las que tiene que pasar la energía desde su estado como “fuente de energía” hasta su utilización como “servicio energético”.
- Comprender las implicaciones estratégicas y de seguridad de suministro de las diferentes fuentes de energía.

##### *Metodología y temporalización*

La metodología docente de las sesiones teóricas consiste en la exposición de temas con apoyo de presentaciones de 2 horas de duración por sesión, aproximadamente. Insertadas en estas sesiones, se programan una serie de actividades de corta duración que pueden ser evaluadas. Las conferencias a cargo de profesores y de profesionales del sector energético tienen lugar en algunas de las sesiones teóricas.

##### *Descripción general*

Los contenidos de la asignatura están conceptualmente organizados según los bloques que se presentan a continuación.

#### BLOQUE 1: Introducción

1. Conceptos básicos
  - El desarrollo humano
  - Energía primaria, final, útil y servicios energéticos
  - Fuentes de energía
  - Valor de la energía (energías “nobles”, energías “limpias”...)
  - Reservas y recursos
2. El problema energético
  - Estadísticas de reservas, producción y consumo
  - Diagramas de flujo. Balances
  - Energía y desarrollo
  - Proyecciones y escenarios futuros
3. Transformación y almacenamiento de la energía
  - La degradación de la energía. Eficiencia energética
  - Convertidores
  - Sistemas de almacenamiento
  - Impacto ambiental
  - Centralización vs. generación distribuida
4. El marco legislativo
  - Impacto ambiental
  - Tratados y protocolos internacionales sobre impacto y sostenibilidad
  - Legislación respecto a la seguridad de suministro
  - Legislación respecto a riesgos para las personas
  - Objetivos de desarrollo del milenio

BLOQUE 2: Las fuentes de energía y sus aplicaciones tecnológicas. Tendencias actuales y de futuro.

5. El petróleo

- Usos actuales
  - Producción y transporte. Situación en el mundo
  - Refinado y productos finales
  - Impacto ambiental
  - Proyecciones y escenarios
  - Fuentes no convencionales
  - Sustitutos del petróleo
6. El gas natural
- Usos actuales
  - Producción y transporte. Situación en el mundo
  - La licuación y la regasificación
  - La distribución en red. El sistema gasista
  - Impacto ambiental
  - Proyecciones y escenarios
  - Otros combustibles gaseosos fósiles
7. El carbón
- Usos actuales
  - Producción y transporte. Situación en el mundo
  - Impacto ambiental
  - Tecnologías de “quemado limpio”
  - Proyecciones y escenarios
8. Las energías renovables
- Descripción de los diferentes tipos: hidroeléctrica, minihidráulica, eólica (grande y pequeña-bombeo), solar térmica, fotovoltaica, otras.
  - Usos actuales
  - Impacto ambiental
  - Situación en España y el mundo
  - Ventajas e inconvenientes respecto de otras fuentes
  - Proyecciones y escenarios
9. Energía nuclear de fisión
- La fisión nuclear y sus productos
  - La central nuclear
  - El ciclo del combustible nuclear. Situación en el mundo
  - Los residuos nucleares. Soluciones
  - Impacto ambiental
  - Instalaciones en España
  - Ventajas e inconvenientes respecto de otras fuentes
  - Proyecciones y escenarios
  - Reactores de *III* y *IV* generación
  - La fusión nuclear

### BLOQUE 3: La energía final y la estructura de la demanda. Planificación energética.

10. Demanda de energía final
- Demanda de servicios energéticos
  - Usos y formas de la energía final
  - Eficiencia energética en el consumo final
  - Cogeneración de calor y electricidad
  - Modos de funcionamiento (cómo los hábitos condicionan el consumo)
  - Proyecciones y escenarios
  - Futuros vectores: el hidrógeno
11. El sector eléctrico
- La electricidad como forma peculiar de energía
  - El sector eléctrico. Objetivos y finalidades
  - Estructura de la demanda y de la generación
  - Transporte y distribución



- El régimen especial
  - Estructura de costes
  - El mercado eléctrico
12. Planificación energética
- Comparación de las diferentes fuentes de energía en general
  - Comparativa por lo que respecta a la generación eléctrica
  - Marco internacional sobre sostenibilidad: Kyoto
  - Recapitulación de aspectos del tema 2

#### *Material de apoyo*

Para seguir adecuadamente las sesiones teóricas por parte de los alumnos y para su impartición, se dispondrá de:

- Una presentación en Power Point para cada uno de los temas de exposición.
- Una actividad para cada sesión teórica la finalidad de la cual es romper el ritmo de la clase y fijar los contenidos: ejercicios cortos o comentarios sobre ejemplos dados en clase.

#### *Evaluación y seguimiento*

La asimilación de los conceptos expuestos en las sesiones teóricas se lleva a cabo mediante una actividad que permita realizar una evaluación diagnóstica o recoger un cierto “feedback”.

Algunas de las actividades realizadas en las sesiones teóricas dan lugar a un material escrito que es usado en la evaluación.

### **3.7. Sesiones de problemas**

#### *Objetivos*

Los objetivos principales de las sesiones de problemas son:

- Aplicar los conocimientos teóricos a ejercicios prácticos situados en un entorno real.
- Desarrollar la capacidad de trabajo cooperativo.

#### *Metodología y temporalización*

Las sesiones de problemas son sesiones de trabajo en equipo de 2 horas de duración por sesión. Los estudiantes, agrupados en equipos cooperativos de 3 o 4 personas configurando grupos base, GB, tratan de resolver el ejercicio tecnológico que se les plantea. El profesor se limita a observar el trabajo de los equipos y resolver de manera interactiva las dudas que se van generando.

#### *Descripción general*

Las sesiones de problemas abarcan todos los temas expuestos en las sesiones teóricas. A continuación se concretan dos ejercicios a realizar en el tema de energías renovables:

- 1) Determinación de la producción de electricidad mediante pequeños generadores eólicos. (Perú).
  1. Determinación de las necesidades e energía eléctrica de una comunidad o familia aislada a partir de distintos documentos.
  2. Es necesario procesar datos eólicos del emplazamiento, conocer las características de los aerogeneradores, el sistema eléctrico, las características de las baterías y de la carga (consumo).
  3. Estimación del tiempo de Pay-back, económico y energético. Valoración de la sostenibilidad de la solución.

- 2) Comparación del ahorro del consumo de biomasa cuando se sustituyen cocinas tradicionales por cocinas mejoradas, cocinas de biogás o cocinas solares. (India).
  1. Determinación de las necesidades de energía térmica de una comunidad o familia a partir de distintos documentos.
  2. Determinación de las eficiencias de las diferentes tecnologías y comparativa del consumo de biomasa.
  3. En el caso del biodigestor, análisis del ciclo completo del recorrido de la biomasa.
  4. Estimación de los tiempos de Pay-back y valoración.

#### *Material de apoyo*

Para seguir adecuadamente las sesiones de problemas por parte de los alumnos y para su participación, se dispondrá de:

- La “Guía de actividades del curso” donde se detalla el calendario de las entregas que deberán realizar los estudiantes.
- Una colección de problemas para cada uno de los temas desarrollados en las sesiones de teoría.

Concretamente, el material necesario para seguir las sesiones de problemas del tema de energías renovables es el siguiente:

- Lectura del tema de energías renovables.
- Lectura de distintos documentos: informes de una ONG, transcripción de una entrevista, documentos de entidades internacionales.
- Hoja de cálculo para estimar la producción de electricidad en el sistema de generadores eólicos.

#### *Evaluación y seguimiento*

Las sesiones de problemas permiten efectuar una evaluación formativa puesto que representan una herramienta mediante la cual el profesor acopia información que le permite hacer un diagnóstico del proceso de aprendizaje de los alumnos y, al devolver los ejercicios corregidos, el profesor proporciona a los grupos una valiosa información para que éstos autoevalúen su aprendizaje.

### **3.8. Actividades a realizar en casa**

#### *Objetivos*

Los objetivos principales de las actividades a realizar en casa son:

- Aplicar los conocimientos teóricos a ejercicios prácticos situados en un entorno real.
- Desarrollar la capacidad de trabajo cooperativo en el caso que sea una actividad de grupo.

#### *Metodología y temporalización*

Las actividades a realizar en casa pueden ser tanto individuales como en grupo. La realización de estas actividades utiliza la misma metodología que las sesiones de problemas aunque fuera del aula.

#### *Descripción general*

Las actividades a realizar en casa consisten en:

- ejercicios numéricos

- lecturas
- resolución de exámenes anteriores
- comentarios de artículos

#### *Material de apoyo*

Para la realización de estas actividades, el alumno dispondrá de:

- La “Guía de actividades del curso” donde se detalla el calendario de las entregas que deberán realizar los estudiantes.
- Una colección de problemas para cada uno de los temas desarrollados en las sesiones de teoría.
- Los textos o artículos a comentar.
- Los enunciados de los exámenes anteriores.

#### *Evaluación y seguimiento*

Las actividades a realizar fuera del aula permiten efectuar una evaluación similar a la realizada en las sesiones de problemas.

### **3.9. Trabajo tutelado**

#### *Objetivos*

Los objetivos principales del trabajo tutelado son:

- Alcanzar los objetivos específicos de los diferentes temas de la asignatura relacionados con cada trabajo.
- Adquirir competencias de nivel superior, lo cual se logrará en el proceso de realizar el trabajo tutelado.
- Desarrollar capacidades de análisis de datos diversos y de síntesis en la redacción del documento.
- Saber evaluar la calidad de un informe técnico.

#### *Metodología y temporalización*

Los alumnos deben organizarse en grupos de 3 o 4 (GT) y escoger un tema de una lista de trabajos propuestos por el profesor. Los miembros del grupo deben reunirse en un plazo breve con el profesor tutor para acordar los objetivos y el alcance del trabajo.

Los integrantes de un grupo han de disponer de tiempo para reunirse como mínimo una hora cada dos semanas (unas cinco veces durante el cuatrimestre) enviando a su tutor el acta de la reunión. El acta debe detallar la fecha de reunión, los asistentes y los principales temas tratados juntamente con el tiempo dedicado hasta la fecha por cada miembro del grupo.

Finalmente el grupo debe hacer una defensa del trabajo frente al profesor que consiste en una breve exposición utilizando como material de soporte únicamente el propio informe en papel.

La dedicación por parte del estudiante debe ser de 25 a 30 horas.

#### *Descripción general*

Algunos títulos propuestos que guardan relación con la Educación para el Desarrollo son:

- Energía y Desarrollo Humano: barreras para implementar Energías Renovables en Países en vías de Desarrollo.
- Energía y Desarrollo Humano: efecto del pico de producción de petróleo sobre el ritmo de crecimiento de los países desfavorecidos.
- Cálculo del consumo de energía necesario para un nivel de confort uniforme en el mundo.
- Extracción de hidrógeno de la biomasa. Evaluación de los recursos necesarios para generar hidrógeno suficiente para una vivienda rural.

### *Material de apoyo*

Para la realización del trabajo tutelado, el alumno dispondrá de:

- Las presentaciones dadas en las sesiones teóricas.
- Los ejercicios corregidos en la sesiones de problemas.
- El enunciado de los trabajos a realizar.
- El documento para evaluar a los compañeros del grupo y a uno mismo.
- El documento para evaluar el propio trabajo y el de otro grupo.

### *Evaluación y seguimiento*

En la valoración final del trabajo tutelado se considerará:

- El contenido y la forma del informe escrito.
- El contenido y la forma de la presentación oral.
- El cumplimiento de los requisitos especificados.
- El proceso de desarrollo del trabajo.
- La calidad de la evaluación del propio trabajo, del trabajo de otro grupo y de los miembros del grupo.

Se resumen a continuación las condiciones para que un estudiante pueda ser evaluado del trabajo tutelado:

- Posibilidad de reunirse físicamente
- Cumplir los plazos establecidos
- Reunirse con el tutor para acordar los objetivos y el alcance
- Reunirse como mínimo 4 veces
- Enviar al tutor las actas de las reuniones
- Evaluación de los compañeros de grupo, de uno mismo y del trabajo
- Leer y evaluar el trabajo de otro grupo
- Defensa oral

En la evaluación se tendrán en cuenta los siguientes requisitos:

#### Resumen de los requisitos de contenido:

1. Informe técnico
2. Definición de objetivos
3. Trazabilidad
4. Anexos
5. Autoidentificación del valor añadido
6. Contraste (referencias cruzadas)
7. Identificación del destinatario (normalmente cliente industrial)
8. Datos técnicos o técnicos y económicos (*y también sociales*)
9. Conclusiones
10. Valoración final propia

#### Requisitos de forma e interacción:

1. Capacidad de de síntesis: extensión limitada a 3200 palabras
2. Matización previa, con el tutor, del contenido
3. Presentación del acta de la reunión previa con los objetivos y el alcance
4. Incorporación de los comentarios de seguimiento del tutor (si hay)
5. Presentación del informe final en la fecha establecida
6. Defensa del trabajo

## **4. Recursos**

En el apartado de anexos se pueden encontrar los recursos de apoyo de cada módulo, como los powerpoints de las sesiones, ejercicios resueltos, enunciados de ejercicios sin resolver, etc.

# Creación de un laboratorio virtual para la simulación de sistemas sostenibles de agua

Antoni Grau y Yolanda Bolea

Dpto de Ingeniería de Sistemas, Automática e Informática Industrial

Universidad Politécnica de Catalunya, UPC

antoni.grau@upc.edu; yolanda.bolea@upc.edu

## 1. Contexto

Se presenta la modificación de la asignatura *Modelado y Simulación de Sistemas Dinámicos* del departamento de Ingeniería de Sistemas, Automática e Informática Industrial (ESAI) en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona (ETSEIB) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

|              |   |
|--------------|---|
| Universidad  | Universitat Politècnica de Catalunya                            |
| Centro       | 240 E.T.S d'Enginyeria Industrial de Barcelona                  |
| Titulación   | Ingeniería Industrial, Intensificación en Automática            |
| Departamento | 707 Ingeniería de Sistemas, Automática e Informática Industrial |
| Asignatura   | 22804 Modelado y Simulación de Sistemas Dinámicos (5º, Q9)      |
| Créditos     | 6 (obligatoria)   |
| No. Alumnos  | 30  |

El proyecto plantea el desarrollo de un laboratorio virtual para la simulación de sistemas sostenibles de agua, complementando los conceptos básicos vistos en las clases teóricas. Por este motivo en los objetivos conceptuales se recogen aquellos que se imparten en las sesiones teóricas. Mediante estas prácticas de laboratorio no se han cambiado los contenidos teóricos de la asignatura, sino que se han integrado aspectos de sostenibilidad en las prácticas de laboratorio mediante el estudio de sistemas 'sostenibles' por si mismos y/o 'para la sostenibilidad'.

El agua es totalmente necesaria para la vida: desde las plantas, que para absorber las sustancias minerales del suelo necesitan que estén disueltas en agua, hasta los animales más desarrollados que la necesitan para realizar sus funciones vitales, todos los seres vivos precisan de agua. La actual crisis medioambiental, además del calentamiento del Planeta, fenómenos como la desertización y la lluvia ácida, ha puesto de manifiesto la escasez de este recurso tan necesario y vital como el agua. Dicha escasez, que se acrecienta debido a la explosión demográfica, el aumento de la demanda por las actividades que desarrollamos y a la pérdida de agua potable por contaminación, es una preocupación a nivel mundial y se debe aumentar la información y la concienciación de las personas a fin de que exista un alto grado de colaboración en el ahorro y una opinión favorable hacia las medidas que se deben tomar para solucionar este problema. Es en este marco de actuación, donde la Universidad juega un papel fundamental, que consiste en la formación de alumnos que solucionen sus futuros problemas profesionales de una manera 'sostenible' además de rentable y eficaz. Para ello no sólo es necesario integrar conceptos de medioambiente en las materias específicas de cada titulación, sino que hace falta un cambio de paradigma: formar en valores, ética, desarrollo humano y responsabilidad social, lo que supone un cambio de actitudes y una concienciación social.

## 2. Esquema

*Ejes:* Sostenibilidad, Desarrollo Humano, Medio Ambiente, Recursos Naturales, Laboratorio Virtual.

*Módulo:* Creación de un laboratorio virtual para la simulación de sistemas sostenibles de agua.

| OBJETIVOS  | METODOLOGÍA  | SISTEMA DE EVALUACIÓN  | TEMPORALIZACIÓN   |
|--|--|--|---|
| <p><b>CONCEPTUALES</b></p> <p>Desarrollar una visión global e integradora de los elementos clave en la dirección y gestión de procesos de cooperación al desarrollo y ayuda humanitaria que se sustentan en aplicaciones propias de las ingenierías.</p> <p>Disponer de criterios para la toma de decisiones, tanto operativas como estratégicas, relativas a aspectos tecnológicos en contextos de sostenibilidad y actividades de conservación de recursos naturales y desarrollo humano.</p> <p>Conocer el proceso de modelado-simulación, con distintos formalismos y en diferentes campos de aplicación.</p> <p>Saber estudiar y analizar los aspectos numéricos de la simulación de modelos mixtos y no mixtos mediante computador.</p> <p>Ser capaz de analizar el comportamiento de sistemas multi-tecnológicos (mecánico, hidráulico, eléctrico...) con finalidades tales como su evaluación, su concepción o parte del diseño de control.</p> <p>Comprender los fundamentos de las herramientas de simulación más usuales.</p> <p>Introducción del concepto de sostenibilidad y laboratorio virtual.</p> <p>Establecer órdenes de magnitud de las necesidades de agua en Países en Desarrollo.</p> | <p>En las sesiones teóricas se explican a los alumnos los conceptos teóricos mediante clase magistral y se plantean y resuelven problemas y ejercicios relacionados con la temática tratada siempre integrando una visión sostenibilista en las posibles soluciones. También se indica a los estudiantes como acceder a la bibliografía existente (libros, revistas...).</p> | <p>El 50% de la nota final será el resultado de: un examen final (test y problemas) (35%) y tests de autoevaluación (15%) de cada uno de los temas.</p>  | <p>La asignatura dispone de 2 horas semanales de sesiones teóricas (presenciales), con un total de 14 sesiones.</p> |
| <p><b>ACTITUDINALES</b></p> <p>Sensibilizar al estudiante acerca de la importancia de una correcta gestión del agua.</p> <p>Concienciar al alumno de actitudes y valores que deben integrarse en el desempeño de su vida profesional y, en la medida de lo posible, en su vida personal.</p> <p>Contribuir a la defensa del medio ambiente a través sus acciones profesionales.</p> <p>Comprometerse a mantener un desarrollo sostenible de sus actos diarios (consumo responsable del agua).</p>  | <p>Se realizará una visita a una instalación, como por ejemplo una planta depuradora de aguas residuales, donde un operador de planta experto realizará una charla de las nuevas tecnologías</p>   | <p>Algunas prácticas se realizarán en grupo, por tanto se realizará además de la evaluación de los contenidos, habilidades y competencias conseguidos en la práctica, una evaluación del comportamiento del alumno</p> |   |

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| <p>Actitud positiva y participativa frente al abastecimiento de agua en países menos desarrollados, así como la concienciación de las necesidades de éstos.</p> <p>Sensibilización social y concienciación de los alumnos sobre los proyectos de cooperación.</p>   | <p>empleadas para tener una mejor y más sostenible actuación sobre el entorno.</p>  | <p>con el resto del grupo en función de su colaboración y su compromiso con el grupo de trabajo, y la confianza mutua entre el grupo.</p>   |   |
| <p><b>PROCEDIMENTALES</b></p> <p>Desarrollar el proceso de modelado-simulación, con distintos formalismos, en particular deber ser capaz de obtener y representar el modelo de un sistema multi-tecnológico tanto a partir de las leyes físicas (modelado teórico) como a partir de datos experimentales (identificación o modelado experimental). Los sistemas simulados tendrán una aplicación medioambiental.</p> <p>Saber trabajar con un entorno profesional (en concreto, <i>Matlab</i>, <i>Simulink</i>) y también con un entorno más académico (en concreto, <i>EasyJava</i>) de modelado y simulación, y por tanto ser capaz de utilizar las herramientas de simulación más usuales.</p> <p>Valorar la viabilidad y los impactos económicos, ambientales y sociales de la implantación de proyectos relacionados con el agua en países subdesarrollados.</p> | <p>Las sesiones presenciales de laboratorio, se realizan en grupos pequeños, de un máximo de 15 estudiantes. Estas sesiones sirven para explicar algunos conceptos específicos no explicados en las clases teóricas, y para aplicar los conceptos descritos en el aula y trabajados previamente. En las sesiones no presenciales de laboratorio el alumno ha de poner en práctica los conocimientos previamente estudiados tanto en las clases teóricas como en las sesiones de prácticas presenciales.</p> | <p>La nota obtenida en el laboratorio supone el 50% de la nota final.</p> <p>Cada práctica de laboratorio tiene una nota diferente según su grado de dificultad (relacionado con su duración) y los conceptos fundamentales que contiene.</p> <p>Para evaluar cada práctica, el alumno debe asistir al laboratorio (evaluación de asistencia) y entregar un informe de cada una de ellas. Además el profesor hará un seguimiento diario del alumno sobre la realización y ejecución de cada práctica.</p> | <p>La asignatura dispone de 2 horas semanales de sesiones prácticas de laboratorio (algunas presenciales y otras semipresenciales).</p> <p>En total hay 14 sesiones prácticas de 2 horas.</p> <p>1ª sesión: se destina íntegramente al conocimiento de las herramientas que van a usarse en el laboratorio.</p> <p>Resto de sesiones: 13 sesiones de 2 horas cada una (26 horas).</p> |

### 3. Descripción de las sesiones

Con esta asignatura se pretende complementar la formación del estudiante mediante conceptos globales de modelado e introducirle en la solución por computación de modelos dinámicos lineales, no lineales, mixtos de tiempo continuo y discreto. Los ejemplos usados son acerca de la temática del uso y gestión del agua, planteando dicha problemática en países en desarrollo.

#### Contenidos

Los contenidos de esta asignatura se distribuyen en cuatro temas: 1) Introducción de conceptos básicos: definiciones, representación externa e interna de los modelos (continuos y discretos), sistemas no lineales, linealización de sistemas no lineales, sistemas mixtos, las fases del modelado de sistemas. 2) Modelado de sistemas continuos (eléctricos, mecánicos, hidráulicos, neumáticos, económicos, ecológicos y sociales). 3) Simulación de sistemas continuos, discretos y mixtos: resolución por computador de ecuaciones diferenciales ordinarias (EDOs), métodos de integración numérica para la resolución de ecuaciones en derivadas parciales (EDPs), lenguajes de simulación (*Matlab*, *Simulink* y *EasyJava*), validación del modelo. 4) Métodos de estimación paramétrica de modelos lineales discretos a partir de datos experimentales.

#### Lista de las sesiones

El laboratorio virtual para la simulación de sistemas sostenibles de agua consta actualmente de diferentes prácticas, de las cuales sólo se desarrollan tres para esta asignatura(\*):

- (\*)Modelado, regulación y simulación de un sistema no lineal: tanque con válvula.
- Modelo del comportamiento del fitoplancton, zooplancton y nutrientes (PZN) en un lago, y su ampliación con fósforo (PZNP).
- Modelo de la concentración del fosfato en las dos capas de un océano.
- Modelo de la concentración del tritio y del helio en una masa de agua.
- Modelo del comportamiento del agua en un río.
- Modelo del sistema de tratamiento secundario de una depuradora de aguas residuales.
- (\*)Cálculo de la concentración de aguas residuales en el vertido por emisario submarino.
- (\*)Modelado y simulación de un canal de riego.



Figura 1. Detalle de la página web del Laboratorio Virtual.



## **Práctica 1: Modelado, regulación y simulación de un sistema no lineal: tanque con válvula**

Esta práctica consiste en el modelado y simulación de un tanque que se vacía a través de una válvula no lineal. Este sencillo sistema forma parte de la mayoría de sistemas de agua más complejos como por ejemplo: una red de alcantarillado, una depuradora de aguas residuales, etc. El correcto modelado de esta planta y actuador nos permite predecir el comportamiento de este sistema según la actuación que ejerza sobre ella. Una regulación automática de la apertura/cierre de esta válvula puede ocasionar un ahorro de agua.

### **Objetivos**

Los objetivos conceptuales de esta práctica son: 1) Conocer la ley de conservación de la masa. 2) Dado un problema de modelado, saber definir y identificar cuales son las entradas, las salidas, las perturbaciones y las principales fuentes de incertidumbre. 3) Conocer la transformada de Laplace (directa/inversa) y la linealización por Taylor.

Los objetivos procedimentales de esta práctica son: 1) Ser capaz de describir un sistema mediante diferentes lenguajes de representación: matemático (en este caso EDOs no lineales y lineales), gráfico (en este caso, esquema de bloques). 2) Saber obtener la función de transferencia a partir de una EDO. 3) Saber obtener por simulación (*Simulink*) el comportamiento temporal de este sistema no lineal.

El objetivo actitudinal de esta práctica es sensibilizarse de los problemas relacionados con la gestión del agua a partir de la utilización de un elemento de control como es la válvula.

### **Metodología y temporalización de las sesiones**

En esta primera práctica la metodología es presencial y consiste en lo siguiente: A partir del enunciado publicado por el profesor en la web, primero los alumnos resolverán dicho enunciado de manera *off-line* en el propio laboratorio antes de empezar las simulaciones que le servirán al alumno para validar los resultados del estudio previo para así cumplir los objetivos procedimentales fijados por el profesor. El profesor al inicio de las sesiones realizará una pequeña explicación conceptual como recordatorio de las clases teóricas para que se cumplan los anteriores objetivos conceptuales. La validación y observación de los resultados obtenidos por el alumno le servirán para sensibilizarse con el medio ambiente y darse cuenta que el ingeniero de control en su vida profesional juega un papel importante en la preservación de recursos naturales.

La práctica se realizará en dos sesiones de 2 horas cada una (4 horas).

## **Práctica 2. Cálculo de la concentración de aguas residuales en el vertido por emisario submarino.**

Si las aguas continentales, tanto ríos como lagos, constituyen el medio natural receptor de las aguas usadas, el mar a su vez representa el exutorio habitual de las aguas residuales producidas en la franja territorial costera por las necesidades vitales y las actividades industriales de los grupos humanos asentados en estos lugares. El impacto ambiental asociado es un elemento fundamental de la evacuación del agua residual, la cual no puede verterse al mar sin al menos una depuración previa. El agua residual se conduce hasta un punto de vertido, situado mar adentro mediante una tubería enterrada o que descansa sobre el fondo marino, a la que se conoce como emisario submarino.

## Objetivos

Los objetivos conceptuales de la práctica son: 1) Conocer la ley de la conservación de la masa adaptada a un sistema marino y la ecuación de difusión. 2) Comprender el funcionamiento de un emisario submarino. 3) Comprender el concepto de concentración de constituyentes en tres dimensiones. 4) Analizar el comportamiento del emisario.

Los objetivos procedimentales son: 1) Simplificar un modelo complejo de ecuaciones en derivadas parciales por otro de resultado parecido (con ciertas suposiciones) pero con solución analítica. 2) Desarrollar un programa informático en el entorno EasyJava que permita simular la evolución de la concentración del agua residual en el medio marino. 3) Validar los resultados de simulación obtenidos.

Los objetivos actitudinales son: 1) Sensibilizar al alumno que el mar ha perdido y sigue perdiendo rapidísimamente su poder genético, y ya presenta elevados niveles de contaminación ya que transporta y contiene desechos flotantes, productos venenosos, aceites, grasas, alquitranes... 2) Exponer los principales aspectos y posibilidades para la evaluación de los impactos ambientales y para el diseño de instalaciones que permitan el vertido adecuado al mar del agua residual tratada.

## Metodología y temporalización de las sesiones

Esta práctica se desarrolla de forma presencial en el laboratorio. El alumno debe descargarse el enunciado de la web, donde la primera tarea es estudiar el comportamiento del emisario submarino. Después el alumno debe entender la ecuación de difusión en su modelo tridimensional así como la versión simplificada del mismo. En ese momento, el alumno debe programar la ecuación de difusión simplificada, las vistas que resultarán de la simulación y analizar y validar los resultados.

La práctica se realizará en 4 sesiones de 2 horas cada una (8 horas en total).

## **Práctica 3: Modelado y simulación de un canal de riego**

El agua de regadío supone el 80% del consumo de agua de nuestro país. Además, se calcula que de este riego depende un tercio de la producción de alimentos a nivel mundial. En un principio las necesidades hídricas de los cultivos se podrían satisfacer directamente a partir de las precipitaciones naturales. Pero, en nuestro país el irregular régimen hídrico obliga a realizar aportaciones de aguas superficiales o suplementarias, surgiendo de esta manera la necesidad del riego. Es en este contexto es donde la gestión de los sistemas de distribución del agua adquiere gran importancia para el ahorro de este preciado recurso.

## Objetivos

Los objetivos conceptuales de esta práctica son: 1) Conocer las leyes de la hidráulica (ley de conservación de la masa y ley de conservación de la energía) y las ecuaciones de Saint-Venant. 2) Analizar el comportamiento de sistemas dinámicos (razonar y reconocer si un sistema es estable, inestable o marginalmente estable, etc.).

El principal objetivo procedimental es desarrollar un simulador de un tramo de canal. Para ello se han de cumplir los siguientes objetivos también de tipo procedimental que son: 1) Ser capaz de describir un sistema hidráulico a partir de una representación matemática, en concreto ecuaciones en derivadas parciales no lineales. 2) Utilizar las herramientas básicas de sistemas dinámicos (construir la tabla de Routh, calcular la rapidez y error permanente de un sistema). 3) Saber utilizar las funciones básicas del Matlab para generar diversas señales, resolver EDPs, así como para representar respuestas temporales de sistemas. 4) Validar los resultados de simulación obtenidos.

Los objetivos actitudinales de esta práctica son: 1) Asumir la necesidad de un riego más eficaz para el ahorro y la gestión eficaz de este recurso natural que es el agua. 2) Valorar y cuidar el agua que es un recurso natural imprescindible directa o indirectamente en nuestra vida cotidiana (agua de riego para la obtención de alimentos, agua para el higiene natural y no haya generación de infecciones y enfermedades fruto de la suciedad, etc.).

### **Metodología y temporalización**

En esta práctica la metodología utilizada es semipresencial. En un principio se motiva la práctica de laboratorio con noticias de actualidad (publicadas en la web) que están relacionadas con el riego, el gasto de agua y el medio ambiente. A continuación, los alumnos resolverán los ejercicios del enunciado de la práctica también publicado en la web de manera *off-line* en casa antes de empezar las simulaciones que se realizarán en el laboratorio y que le servirán para validar los resultados del estudio previo para así cumplir los objetivos procedimentales. La primera sesión presencial de laboratorio será una sesión teórica donde se explicarán las ecuaciones del modelo y el método de resolución numérica, también se comentarán las noticias de la actualidad vinculadas a los contenidos de la sesión, que previamente han leído los alumnos. Las sesiones restantes se combinarán entre presenciales y no presenciales, y consistirán en la simulación del modelo propuesto y su posterior validación mediante el análisis de los resultados obtenidos.

La práctica se realizará en 7 sesiones de 2 horas cada una: 1ª sesión, sesión presencial teórica; 2ª, 3ª y 4ª sesión no presencial; 5ª, 6ª y 7ª sesión presencial (14 horas en total).

### **4. Material necesario para el laboratorio**

Para desarrollar el laboratorio virtual que aquí se propone será necesario el siguiente material:

- 1) Acceso a Internet del servidor del laboratorio
- 2) Programas de simulación: Matlab, Simulink y EasyJava Simulation. Éste último es de libre distribución mientras que los dos anteriores suelen estar en versiones de campus.
- 3) Acceso a la bibliografía referenciada.

Nótese que no es necesario ningún material inventariable ni fungible para el desarrollo del laboratorio al tratarse de un laboratorio virtual basado en *software*.

### **Bibliografía**

N.H., Brooks, 'Diffusion of Sewage Effluent in an Ocean Current', *Proceedings of the 1st International Conference on Waste Disposal in the Marine Environment*, Pergamon, N.Y, 1960.  
X. Litrico, V. Fromion, J.-P. Baume, M. Rijo, "Modelling and PI Control of an Irrigation Canal", *European Control Conference*, Cambridge (UK), 2003.  
V.T. Chow, *Open-channel hydraulics*, McGraw-Hill, 1959.  
*SIMULINK. Dynamic System Simulation for Matlab*, The MathWorks, Manual, 1998.  
EasyJava Simulations, <http://www.um.es/fem/Ejs/>



## Modelos de simulación de sistemas agrarios

David Connor<sup>1</sup>, Jordi Comas<sup>2</sup>, Helena Gómez Macpherson<sup>3</sup>, Luciano Mateos<sup>4</sup>, David Casanova<sup>5</sup>

<sup>1</sup>David Connor, School of Agriculture and Food Systems, The University of Melbourne, Victoria 3010, Australia, [djconnor@unimelb.edu.au](mailto:djconnor@unimelb.edu.au), [www.cropecology.com](http://www.cropecology.com)

<sup>2</sup>Departament d'Enginyeria Agroalimentaria i Biotecnologia (DEAB), Universitat Politècnica de Catalunya, Av del Canal Olímpic s/n Castell defels, [jordi.comas-angelet@upc.edu](mailto:jordi.comas-angelet@upc.edu)

<sup>3,4</sup>Instituto de Agricultura Sostenible, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Alameda del Obispo s/n, 14080 Córdoba, Spain, <sup>3</sup>[aglgomah@uco.es](mailto:aglgomah@uco.es), <sup>4</sup>[ag1mainl@uco.es](mailto:ag1mainl@uco.es)

<sup>5</sup>Agencia Española de Cooperación Internacional, Nouakchott, Mauritania, [azahar.mauritania@aeci.mr](mailto:azahar.mauritania@aeci.mr).

### 1. Contexto

El módulo docente Modelos de Simulación de Sistemas Agrarios (MSSA) se podría ubicar, dentro del programa oficial de postgrado de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), en el **Master de agricultura para el Desarrollo** que tiene entre otros objetivos el formar profesionales que se integren en equipos de trabajo multidisciplinares que trabajen en países en desarrollo. Concretamente el presente módulo docente se podría integrar en la asignatura **Agroecosistemas del Mundo** (Tabla 1).

Tabla 1. Ubicación del módulo docente Modelos de simulación de Sistemas Agrarios (MSSA) dentro del Programa Oficial de Postgrado de la Universidad Politécnica de Cataluña.

| Universidad  | Universitat Politècnica de Catalunya              |
|--------------|---|
| Centro       | Escuela Superior de Agricultura de Barcelona      |
| Titulación   | Master Agricultura para el Desarrollo             |
| Departamento | Ingeniería Agroalimentaria y Biotecnología (DEAB) |
| Asignatura   | Agroecosistemas del Mundo                         |
| Créditos     | 5 ECTS  |
| No. Alumnos  | 30  |

De todas formas, se trata de un módulo instrumental que se podría impartir en diferentes contextos universitarios.

#### *Estructura del módulo docente*

Se trata de un módulo docente, básicamente instrumental, que tiene como objetivo principal mostrar a los estudiantes las posibilidades de la simulación de sistemas de cultivo como herramienta que facilita el análisis y la comprensión de los factores clave que determinan la producción de los sistemas agrarios.

El módulo docente MSSA se ha estructurado en una introducción a la modelización y a la simulación y en el análisis de tres casos, de menor a mayor complejidad.

Recuadro 1. Estructuración del módulo docente Modelos de Simulación de Sistemas Agrarios (MSSA)

- Introducción a la modelización y a la simulación
- Caso 1: Sostenibilidad del consumo de agua de una vivienda
- Caso 2: Crecimiento del sorgo
- Caso 3: Interacción de los sistemas de producción agraria en Belinabé (Valle del río Senegal, Mauritania)

#### 1.1 Introducción a la modelización y a la simulación

El módulo docente MSSA se pretende introducir y dar los primeros pasos en la utilización de una herramienta metodológica que puede contribuir a hacer reflexionar a los estudiantes sobre los factores que determinan la sostenibilidad de los sistemas agrarios en general y en particular en países en desarrollo. Se trata de identificar los factores clave de un sistema de producción agraria, definir un modelo y simular la dinámica del sistema. Los resultados de la simulación pueden ayudar a tomar decisiones sobre las mejores alternativas a adoptar.

### ***CASO 1. Sostenibilidad del consumo de agua en una casa***

El primer caso que se analiza trata sobre la modelización de un sistema con el que todos estamos más o menos familiarizados: la disponibilidad y el consumo de agua de una vivienda. Como elemento particular se considera que las entradas de agua dependen de la lluvia y de la capacidad de captación de agua de la vivienda. Igual que ocurre en numerosos sistemas agrarios, en este sistema se ha considerado que la disponibilidad de agua depende de la lluvia, un factor clave que condiciona la sostenibilidad del sistema.

Este ejemplo permite que el estudiante se pueda introducir a la programación en STELLA. De todas formas hay que tener bien presente que lo importante es conocer bien la situación real de la que partimos, y las simplificaciones necesarias para la modelización del sistema que siempre nos obliga a una simplificación. Para construir un modelo de simulación hay que tener claro el objetivo perseguido, y conocer bien los procesos implicados en la dinámica del sistema.

En el análisis de este caso, se discute con los estudiantes los elementos que condicionan el suministro de agua de la casa. Así suponemos que recogemos el agua de lluvia del tejado de la casa y la almacenamos en un depósito. La cantidad de agua almacenada dependerá de la lluvia y de la superficie del tejado. Por otro lado el tamaño del tanque determina la cantidad máxima de agua que se puede almacenar.

#### ***1. Construcción de un diagrama conceptual***

El agua del depósito se utiliza para distintos fines consumo de boca, limpieza, el lavabo e incluso el riego de un jardín. El consumo de agua depende del uso que se da al agua y de las personas que habiten en la casa. Además el número de habitantes puede ser variable. La sostenibilidad del sistema dependerá del tamaño del tanque, de la superficie del tejado con relación a la lluvia de la zona y de la estrategia de uso del agua de la vivienda.

Estructuramos el modelo en dos sectores: (1) un sector para la generación aleatoria de la lluvia, a partir de los datos de lluvia de una determinada zona (2) y un sector sobre la economía del agua de la vivienda (Figura 1).

Sector para la generación de agua de lluvia

El submodelo para la generación del agua de lluvia (*Rainfall Generator*) simula la lluvia diaria a partir de las transiciones entre series de días de lluvia/días secos calculadas a partir de datos diarios de lluvia de cada mes (Geng et al. 1988).

Sector sobre la sostenibilidad del consumo de agua

El submodelo para el análisis de la sostenibilidad del consumo de agua consta de una *variable de estado*, y parámetros tales como el volumen de agua del tanque ( $m^3$ ), la superficie del tejado ( $m^2$ ) y el número de habitantes de la casa ( $n$ ). Este último parámetro no se considera constante durante la simulación. Durante la construcción del modelo hay que tomar decisiones sobre los flujos de salida de agua. Este proceso de construcción del sistema culmina con un diagrama como el que se muestra en la Figura 1 que define los elementos del sistema que condicionan su dinámica.

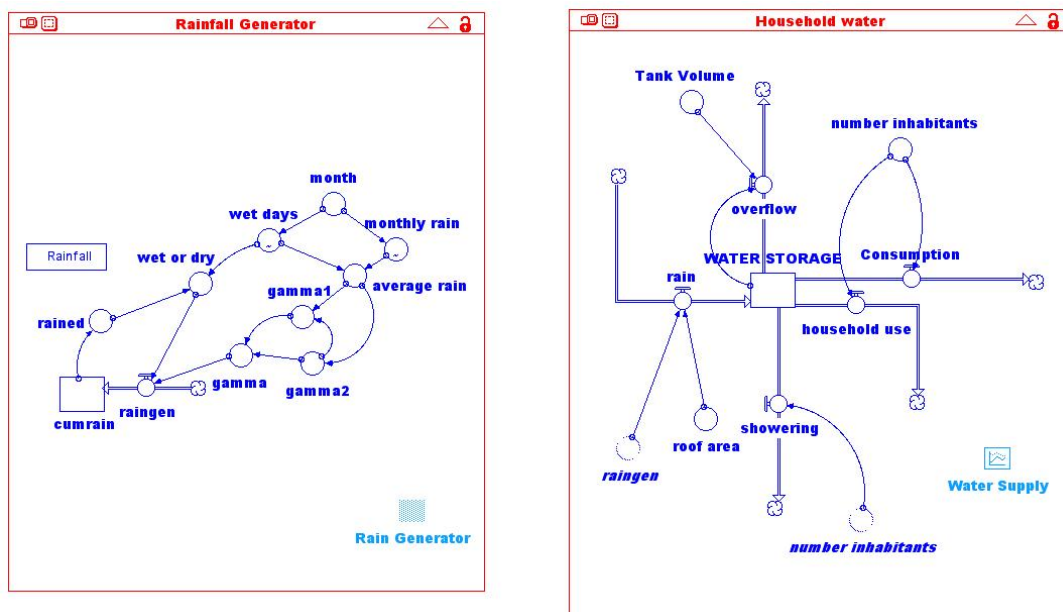


Figura 1. Construcción del modelo sobre la disponibilidad y consumo de agua de una vivienda. El modelo consta de dos sectores: (1) un sector para la generación aleatoria de la lluvia (*Rainfall Generator*), a partir de los datos de lluvia de una determinada zona (2) y un sector sobre la economía del agua de la vivienda (*Household water*).

## 2. Cuantificación del diagrama conceptual. Prueba y error

Una vez establecido el diagrama conceptual del modelo pasamos a la cuantificación de los procesos que intervienen el modelo. Se trata de ecuaciones sencillas que se discuten con los estudiantes y que se introducen en STELLA.

Hay que plantearse preguntas como: ¿Cuál es la superficie del tejado? ¿Cuál es el volumen del depósito? ¿Cuanta agua se necesita para el consumo de boca de los habitantes de la casa? ¿Y para lavar los platos? ¿y para el baño?

Se discute con los estudiantes, sobre los valores de los parámetros. A continuación se simula el comportamiento del sistema y se evalúa su sostenibilidad.

Se suministra un archivo con el modelo completo a los estudiantes, pero éstos deben ya introducir modificaciones y proponer algunos cambios. Como la lluvia será variable de un año a otro es deseable hacer simulaciones de varios años para tomar decisiones adecuadas.

## CASO 2. Un modelo para el desarrollo y el crecimiento del cultivo del sorgo

En muchos países africanos el sorgo constituye un cereal básico para la alimentación de la población. Es un cultivo adaptado a las temperaturas elevadas y muy tolerante a la falta de agua.

El segundo caso que se analiza ya es un sistema mucho más agronómico. Igual que en el caso anterior un elemento esencial para la dinámica del sistema es la disponibilidad de agua. Se trata de un modelo “sencillo” pero mucho más complejo que el sistema analizado en el caso 1. Para poder comprender el desarrollo y el crecimiento del cultivo del sorgo son necesarios conocimientos que se suelen impartir en las escuelas de agronomía. Para los estudiantes que procedentes de otras disciplinas sería recomendable la lectura de algunos textos complementarios.

Figure 1  
Sectors and Relationships

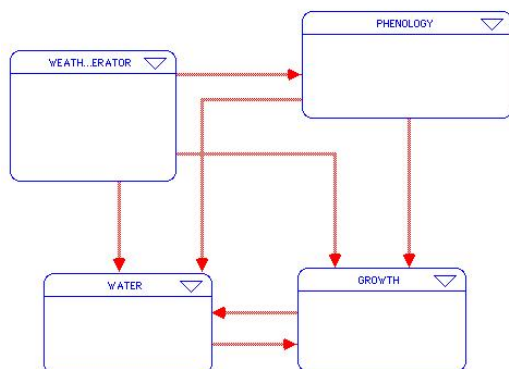


Figura 2. Sectores en los que se ha estructurado  
El modelo sobre el desarrollo y el crecimiento del sorgo

### 1. Construcción de un diagrama conceptual

Estructuramos el modelo en 4 sectores: (1) un sector que, igual que para el caso 1, genera el agua de lluvia, (2) un sector sobre la fenología del cultivo, (3) un sector sobre el crecimiento y la distribución de biomasa y (4) un sector sobre la disponibilidad de agua en el suelo (Figura 2)

#### Sector para la generación de agua de lluvia

El sector sobre la generación del agua de lluvia (*Weather Generator*, Figura 3) igual que en el caso 1, simula la lluvia diaria a partir de las transiciones entre series de días de lluvia/días secos calculadas a partir de datos diarios de lluvia de cada mes. En el caso que nos ocupa se consideran los datos meteorológicos procedentes de una serie de 30 años de la estación meteorológica de Kaédi en la región del Gorgol en Mauritania.

#### Sector sobre la fenología del cultivo

El sector sobre la fenología del cultivo (*Phenology*, Figura 3) es importante ya que la fenología del cultivo determina cómo se distribuye la biomasa en los distintos órganos de la planta. A pesar de que el sorgo es una planta de día corto, en el sector fenología del cultivo solamente tenemos en cuenta la temperatura media diaria.

En este sector sobre la fenología viene expresada por una variable de estado que toma los valores 1 en la emergencia, 2 en el momento de la elongación del tallo, 3 en la antesis y 4 en la madurez. El sector sobre la fenología del cultivo también estima un valor de penetración del sistema radicular en el suelo. Durante la construcción del diagrama conceptual se discute con los estudiantes los elementos que definen la fenología del cultivo. En la Figura 3 se muestra a título orientativo el diagrama conceptual que se suministra como material de acompañamiento del curso.



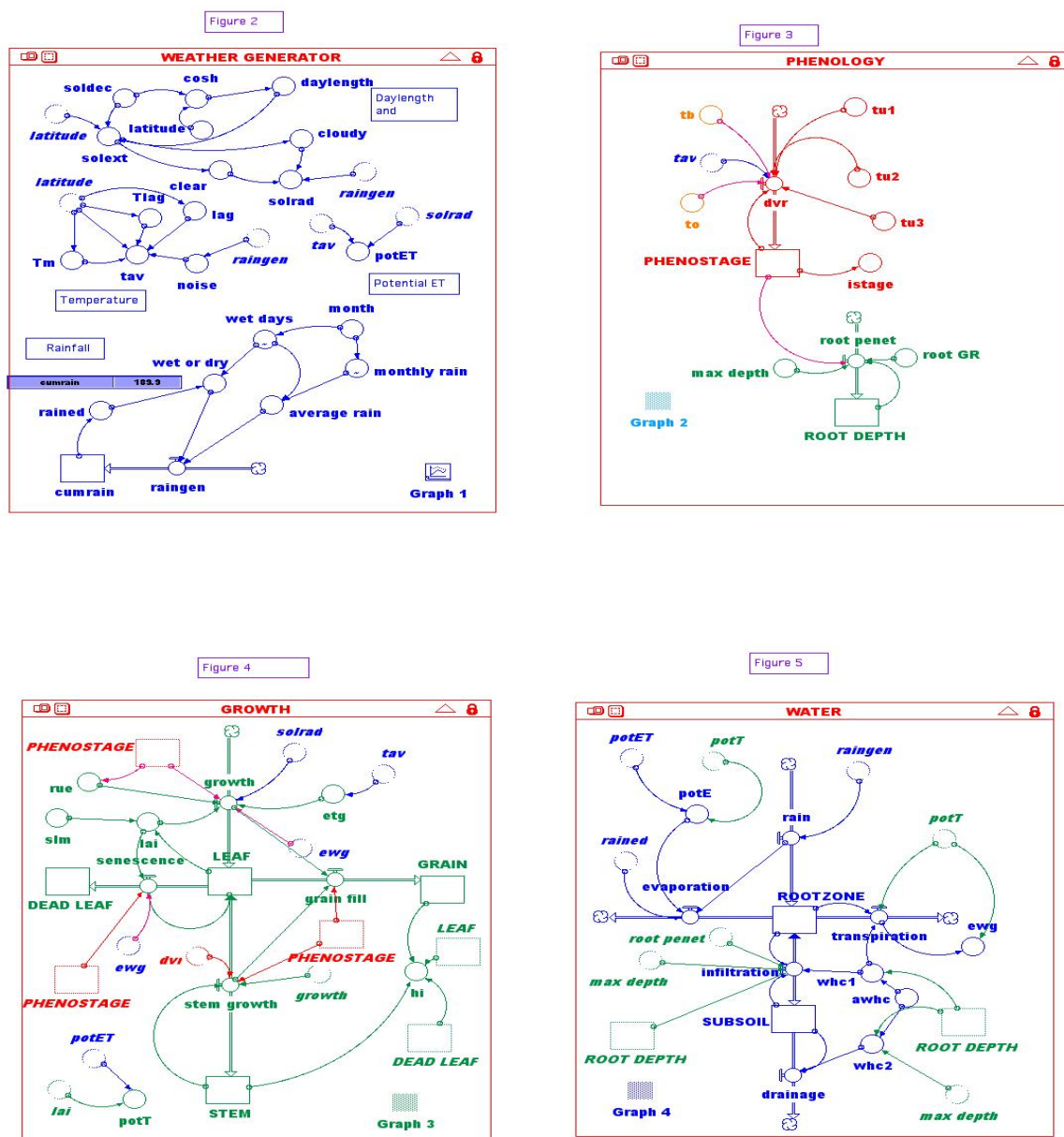


Figura 3. Construcción del modelo sobre el crecimiento del sorgo. El modelo consta de cuatro sectores: (1) un sector para la generación de agua de lluvia (*Weather generator*), (2) un sector sobre la fenología del cultivo (*Phenology*), (3) un sector sobre el crecimiento y la distribución de biomasa (*Growth*), y un sector sobre la disponibilidad de agua en el suelo (*Water*)

### Sector sobre el crecimiento y distribución de biomasa

En el sector sobre el crecimiento y distribución de biomasa (*Growth*, Figura 3) se indican los factores clave para la producción de biomasa. Básicamente, la biomasa producida por un cultivo ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ) depende de la radiación interceptada, de la temperatura, de la disponibilidad de agua. Existen una serie de ecuaciones que nos permiten “imaginar” como se distribuye la radiación que entra en la parte aérea del cultivos.

A partir de la fenología del cultivo se determina la distribución de biomasa en hojas, tallos y grano.

### *Sector sobre la disponibilidad de agua en el suelo*

El sector sobre la disponibilidad de agua en el suelo (*Water*, Figura 3) simula la distribución de agua en el perfil del suelo en función de la lluvia, la evapotranspiración del cultivo y del drenaje. Se ha considerado que el perfil del suelo se distribuye en dos horizontes. El horizonte superficial (en el que se hallan la mayor parte de raíces) y el subsuelo.

Consideramos que se produce drenaje de agua cuando el agua que penetra en el subsuelo excede su capacidad de retención de agua. Por otra parte, la pérdida de agua por evaporación directa de agua del suelo depende de las condiciones ambientales, de la cubierta del cultivo y de la humedad superficial del suelo. La pérdida de agua por transpiración depende de las condiciones ambientales, del contenido de agua en el suelo

### *2. Cuantificación del diagrama conceptual. Prueba y error*

Una vez establecidos los diagramas conceptuales correspondientes a los cuatro sectores se procede a la cuantificación. Los parámetros y las ecuaciones necesarias para ello vienen dados el archivo que se aporta como material de apoyo a la docencia. Se discute con los estudiantes los valores de los parámetros y se proponen ejercicios.

### **CASO 3. Interacción entre los sistemas de producción agraria de Belinabé**

En África Occidental el régimen de lluvias viene determinado por el desplazamiento estacional de las bajas presiones de la zona de convergencia intertropical (ITCZ) que en verano se desplaza hacia el norte dando lugar a la estación de lluvias (*hivernage*) que en el Sahel suelen producirse de julio a septiembre. Hasta la introducción del regadío en los años 80, en Mauritania y Senegal, las aguas de lluvia y de inundación eran la única fuente de agua para la producción agrícola. Existe una importante variabilidad anual e inter-anual de la precipitación. Así por ejemplo, desde finales de los años 1960 hasta principios de los años 1980, en el Sahel se produjeron unos episodios de sequía que afectó gravemente la agricultura y la ganadería de la zona que provocó una hambruna que significó la muerte de muchas personas.

Como análisis de un tercer caso, se presenta la interacción de los sistemas de producción agraria en una aldea situada en la región del Gorgol, en la margen derecha del río Senegal en Mauritania, en el que han trabajado los autores de la presente propuesta pedagógica; investigadores del Instituto de Agricultura Sostenible del CSIC, de la Universidad Politécnica de Cataluña y de la Universidad de Melbourne que contaron con la financiación de la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI) la desde 2004 hasta 2007. Los proyectos desarrollados fueron los siguientes:

- Diversificación de cultivos en el valle del río Senegal. IP J. Comas. Enero 2004 a marzo 2006)
- Gestión del riego en Mauritania. AECI. IP: L. Mateos. Enero 2004 a diciembre 2004
- Gestión del riego para un sistema de cultivo diversificado en el Valle del Río Senegal. AECI. IP: H. Gómez Macpherson. Diciembre 2005 a diciembre 2006.)
- Red de Demostración y Experimentación Agraria para la Diversificación de Cultivos en el Valle del Río Senegal. IP: H. Gómez Macpherson. Enero 2005 a mayo 2006.
- El riego en la margen mauritana del Valle del río Senegal: evaluación, diagnóstico y propuestas de planificación y gestión (AECI). IP: L. Mateos. Octubre 2006 a diciembre 2007.

### *La agricultura tradicional en la región del Gorgol*

La región del Gorgol se halla en el valle medio del río Senegal, la precipitación va de 150 a 350 mm, tiene superficie de 13 820 km<sup>2</sup>. La población es de unos 250 000 habitantes. Los recursos económicos del 80 % de las familias proceden de la agricultura. La población rural representa el 70%. El 75% de la población se halla por debajo del umbral de pobreza y el 55% por debajo del umbral de extrema pobreza. La tasa de alfabetización de la población es del 36%. Tradicionalmente en dicha región los recursos agropecuarios población procedían de la ganadería que pasta en los prados naturales (*Brousse*) y de los cultivos pluviales (*Dieri*) durante la época de lluvias y la agricultura que se practica en cubetas deprimidas (*Walo*) una vez drenadas las aguas de inundación (pluviales o por subida del nivel de agua del río Senegal).

### *La introducción del regadío*

Dada la irregularidad de la lluvia, en el año 1972 los tres Estados ribereños del río Senegal crearon en 1972 la OMVS (*Organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal*) con el objetivo general de explotar los recursos hídricos del valle (289 000 km<sup>2</sup>). Entre las actuaciones principales de la OMVS cabe destacar:

- La construcción en 1988 de la presa de Diama 27 km aguas arriba de de Saint-Louis, en Senegal. Se trata de una presa dinámica que se puede abrir en periodo de inundación para asegurar la evacuación del caudal excedentario y se cierra durante el estiaje para evitar la subida de las aguas saladas preservando así una reserva de agua dulce para el riego.
- La construcción de la presa de Manantali en 1990 en el río Bafing à 90 Km al sur este de Bafoulabé en Mali. Esta presa tienen como objetivo regular el caudal del río para permitir el riego de 255 000 ha de tierras de cultivo, la navegabilidad del río entre St-Louis y Ambidédi durante todo el año y la producción anual de 800 Gwh de energía eléctrica.

Actualmente en la región del Gorgol existen unas 5000 hectáreas de regadío que se explotan sólo parcialmente. Los principales cultivos son el arroz (3000 ha de, 12 20 t) el sorgo (700 ha, 200 t) y el maíz (400 ha, 250 t).

### *Belinabé*

La aldea de Belinabé cuenta con una población de unos 2 500 habitantes. Existen 190 cabezas de vacuno y 1200 de ganado ovino y caprino. Durante el día los animales divagan por la *Brousse* y por la noche regresan a la aldea. La superficie de *Dieri* explotada es de unas 650 ha, y de 325 ha en el *Walo*. El rendimiento medio de cereal es de entre 500 y 900 kg ha<sup>-1</sup>. Finalmente el pueblo dispone de un perímetro de riego de 36 ha situado al lado del río Senegal, explotado por 110 familias, es decir la parcela individual es de 0,33 ha. Sin embargo solo se cultivan un 80% debido a que a la ruptura de un dique de protección que evita la inundación del perímetro durante la época de lluvias. La mayor parte de los suelos son pesados con porcentajes de arcilla de 46 à 57% relativamente ricos en potasio y muy pobres en fósforo. El perímetro se explota para producción de arroz para autoconsumo durante el hivernage. El rendimiento medio es inferior a 5,5 t/ha.

### *Proyecto FAO en Belinabé*

En 2001 la FAO escogió el perímetro de Belinabé como perímetro piloto en el que llevar una serie de actuaciones entre las que cabe citar:

- Rehabilitación del perímetro actual
- Extensión del perímetro hasta 110
- Diversificación e intensificación de la producción.

Durante el análisis de los sistemas de cultivo de Belinabé analizaremos la importancia relativa de cada sistema para las familias del pueblo y la interacción entre los mismos. Como material de base para el seguimiento de la discusión, se proporciona a los estudiantes un artículo científico de Connor et al. 2007, en el que aparece un resumen del modelo y sus posibles aplicaciones.

También se hará un análisis del posible impacto de las propuestas del proyecto FAO mencionado anteriormente, especialmente, el efecto sobre la economía de la aldea de la extensión del perímetro de riego hasta 110 ha, las posibilidades de diversificación (la introducción del sorgo como cultivo alternativo al arroz, y la intensificación mediante la introducción de un segundo cultivo después de la estación de lluvias.

### *1. Construcción del diagrama conceptual*

Una vez los estudiantes se han familiarizado con la modelización y simulación con STELLA y una vez se han analizado los sistemas de cultivo actuales en Belinabé, se procede a discutir el diagrama conceptual.

Se hace especial hincapié en el hecho de que antes de emprender modificaciones de sistemas agrarios existentes se haga un buen análisis de la situación actual. Especialmente si se trata de sistemas con los que no estamos especialmente vinculados.

En el modelo que se propone se han definido 5 sectores: Igual que en los modelos anteriores (1) un sector sobre la generación de lluvia (*Weather generator*), (2) un sector socioeconómico (*Socioeconomic sector*) en el que se consideran la estructura de las familias, se definen sus recursos productivos (Ganadería, *Dieri*, *Walo*, y regadío), su capacidad de trabajo, su consumo de cereales, la disponibilidad de insumos y su capacidad financiera, (3) un sector sobre la producción de forraje (*Pasture production*), un sector sobre la producción ganadera (*Livestock*) y (4) un sector sobre la producción agrícola (*Crop production*) en el que se determina la producción de grano y paja.

En este modelo es especialmente el análisis de las interacciones entre los diferentes sectores.

### *2. Cuantificación del diagrama conceptual. Prueba y error*

Una vez discutido el diagrama conceptual se pasa a su cuantificación.

Para agilizar el trabajo de los estudiantes, se les suministra a un archivo que contienen el modelo propuesto en STELLA y así para poder llevar a cabo simulaciones. Sin embargo se proponen pequeños ejercicios en los que los estudiantes deben modificar algunos detalles del modelo

En el análisis del caso que nos ocupa es especialmente relevante analizar el posible efecto que puedan tener sobre la población y sobre el entorno posibles modificaciones del sistema actual. Así por ejemplo nos podríamos plantear preguntas como: ¿Cuál es la interacción entre los diferentes sistemas de producción? ¿Cuál puede ser el efecto del aumento de la superficie de regadío? ¿Qué posibilidades de diversificación existen? ¿Tienen sentido producir forrajes?

## 2. Esquema del módulo docente

| OBJETIVOS   | METODOLOGÍA   | SISTEMA DE EVALUACIÓN  | TEMPORALIZACIÓN  |
|---|---|--|--|
| <p><b>CONCEPTUAL</b></p> <p><b>Conocer</b> una metodología para el análisis de proyectos de desarrollo agrario en países con pocos recursos económicos.</p>   | <p><i><b>Sesiones presenciales:</b></i><br/>Exposición del profesor utilizando imágenes Power Point, STELLA y programas preparados al efecto. Discusión de casos con los alumnos<br/>Propuesta de ejercicios en clase.</p> <p><i><b>Trabajo personal de los alumnos:</b></i><br/>Los alumnos deben estudiar el contenido de las sesiones, resolver las pruebas de auto evaluación y resolver ejercicios planteados en clase</p> | <p><i><b>Evaluación continuada:</b></i><br/><b>Pruebas</b> de auto evaluación de cada uno de los temas y corrección de los ejercicios propuestos</p> <p><b>Participación</b> en las discusiones de las sesiones presenciales.</p> <p><i><b>Examen final:</b></i><br/>Los estudiantes deben responder a una serie de preguntas relacionadas con el contenido del curso.</p> | <p><i><b>Sesiones presenciales de trabajo:</b></i><br/>- Se llevarán a cabo 10 sesiones presenciales de 2 horas</p> <p><i><b>Trabajo personal de los alumnos:</b></i><br/>Se estima en unas 20 horas de trabajo personal, que deben desarrollar los estudiantes.</p> |
| <p><b>ACTITUDINALES</b></p> <p><b>Sensibilizar</b> a los estudiantes hacia los problemas relacionados con la sostenibilidad de los proyectos de desarrollo agrario en países con en desarrollo.</p> <p><b>Promover</b> entre los alumnos <b>actitudes</b> favorables hacia la cooperación y solidaridad entre pueblos.</p> <p>Desarrollar valores <b>éticos</b> y <b>cívicos</b> relacionados con la actividad profesional en países con pocos recursos económicos.</p> |   |  |  |
| <p><b>PROCEDIMENTALES</b></p> <p><b>Conceptuar, analizar y simular</b> mediante STELLA un sistema de producción agraria</p> <p><b>Proponer</b> posibilidades de <b>actuación</b> y analizar los posibles <b>impactos</b> de las actuaciones propuestas.</p>   |   |  |  |

### **3. Descripción de las sesiones**

#### **3.1 Objetivos**

El objetivo conceptual del módulo docente es:

- Conocer una metodología que puede ser utilizada para el análisis de sistemas de producción agraria en países en desarrollo y que permita evaluar el impacto de posibles proyectos de desarrollo.

Los objetivos actitudinales son:

- Sensibilizar a los alumnos sobre los problemas relacionados con la sostenibilidad de los proyectos de desarrollo agrarios en países en desarrollo
- Promover entre los alumnos actitudes favorables hacia la cooperación y la solidaridad de los pueblos
- Desarrollar valores éticos y cívicos con relación a la actividad profesional

Los objetivos procedimentales son:

- Conceptuar, analizar y simular mediante STELLA un sistema de producción agraria.
- Proponer posibilidades de actuación a analizar posibles impactos de la actuación propuesta.

#### **3.2 Metodología y temporalización en las sesiones**

##### **Metodología**

Las clases serán participativas. El profesor expondrá una serie de contenidos que deberán ser discutidos con los estudiantes. Desde el primer día de clase los estudiantes empezarán a trabajar con el programa STELLA. Se propondrán ejercicios que los estudiantes deberán resolver en clase y fuera de clase. Desde el primer día de clase los estudiantes trabajarán con los programas EXCEL y STELLA

##### **Temporalización y descripción de las sesiones**

A continuación se describe la secuencia de sesiones de trabajo tal como se han previsto

#### **Bloque 1. Introducción**

##### **SESION 1**

##### **Introducción a la modelización (2h)**

Concepto y utilización de modelos. Los modelos de simulación como una herramienta para el análisis y la predicción. Ejercicios.

##### **SESION 2**

##### **La utilización de STELLA para construir modelos (2 h)**

El interés de construir un modelo. Concepto de variables de estado. Diagramas conceptuales. La utilización de STELLA para construir modelos. Ecuaciones, cuantificación de los parámetros. Ejercicios.

#### **Bloque 2. Análisis caso 1**

##### **SESION 3**

**Caso 1. Sostenibilidad del consumo sostenible de agua de una vivienda . Ejercicio preliminar con STELLA (2 h)**

Discusión del sistema. Construcción del diagrama conceptual. Cuantificación. Simulación. Ejercicios.

**Bloque 3. Análisis caso 2**

**SESION 4**

**Caso 2. Modelo sobre el crecimiento y desarrollo del sorgo 1 (2 h)**

Discusión general del sistema. Discusión sobre el módulo (1) generación de agua de lluvia y (2) fenología del cultivo. Cuantificación. Ejercicios.

**SESION 5**

**Caso 2. Modelo sobre el crecimiento y desarrollo del sorgo 2 (2 h)**

Discusión sobre el módulo (3) Crecimiento y distribución de biomasa y (4) Disponibilidad de agua en el suelo. Cuantificación. Ejercicios.

**SESION 6**

**Caso 2. Modelo sobre el crecimiento y desarrollo del sorgo 3 (2 h)**

Simulación del sistema. Análisis de resultados. Propuesta de modificaciones. Ejercicios.

**Bloque 4. Análisis caso 3**

**SESION 7**

**Caso 3. Modelo sobre la interacción de sistemas de producción agraria en Belinabé (valle del río Senegal, Mauritania) 1 (2 h)**

Descripción de los sistemas de producción agraria existentes en Balinabé. Ganadería, la Brousse. El Dieri. El Walo. Estructura de las familias. Discusión general del sistema.

**SESION 8**

**Caso 3. Modelo sobre la interacción de sistemas de producción agraria en Belinabé (valle del río Senegal, Mauritania) 2 (2 h)**

Discusión sobre el sector (1) generación de lluvia (*Weather generador*), (2) un sector socioeconómico (*Socioeconomic sector*) en el que se consideran la estructura de las familias, de definen sus recursos productivos (Ganadería, *Dieri*, *Walo*, y regadío), su capacidad de trabajo, su consumo de cereales, la disponibilidad de insumos y su capacidad financiera. Ejercicios.

**SESION 9**

**Caso 3. Modelo sobre la interacción de sistemas de producción agraria en Belinabé (valle del río Senegal, Mauritania) 3 (2 h)**

Discusión sobre el sector (3) sobre la producción de forraje (*Pasture production*), el sector sobre la producción ganadera (*Livestock*) y (4) un sector sobre la producción agrícola (*Crop production*) en el que se determina la producción de grano y paja.

**SESION 10**

**Caso 3. Modelo sobre la interacción de sistemas de producción agraria en Belinabé (valle del río Senegal, Mauritania) 4 (2 h)**

Simulación del sistema. Análisis de la situación actual. Propuesta de modificaciones. Discusión de los resultados. Ejercicios.

**3.4 Material necesario para las sesiones**

Para el desarrollo de las clases se utilizarán presentaciones Power Point y los programas EXCEL y STELLA.

### 3.5 Evaluación y seguimiento del aprendizaje de los alumnos

La evaluación de la asimilación de los conceptos expuestos en las sesiones teóricas se lleva a cabo mediante:

- Evaluación continuada de participación en las sesiones.
- Corrección de los ejercicios propuestos al final de cada tema.
- Preguntas test del examen final de la asignatura.

### 4. Recursos

En el caso del curso desarrollado en la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) los alumnos encontrarán en la intranet:

- Las presentaciones en Power Point de cada sesión de clase
- El programa STELLA
- Archivos con los programas STELLA correspondientes a los casos 1, 2 y 3.
- El pdd correspondiente al artículo de Connor et al. 2007-11-21

Por tanto las sesiones deberán desarrollarse en aulas en las que se disponga de recursos informáticos.

### 5. Bibliografía

- Brock, T.D. (1981). Calculating solar radiation for ecological studies. *Ecological Modelling*. 14: 1-19.
- Charles-Edwards, D.A., Doley, D. and Rimmington, G.M. (1986). *Modelling Plant Growth and Development*. Academic Press, 235p.
- Connor, D., J Comas, H Gómez Macpherson & L Mateos 2007. Impact of small-holder irrigation on the agricultural production, food supply and economic prosperity of a representative village beside the Senegal River, Mauritania. *Agricultural Systems* (en prensa).
- Geng, S., Auburn, J., Brandstetter, E. and B. Li. (1988). A program to simulate meteorological variables: documentation for SIMETEO. Dept. Agronomy and Range Science, University of California Davis, no 204.
- Goudriaan, J. and H.H. van Laar (1994). *Modelling potential crop growth processes: textbook with exercises*. Kluwer Academic Publishers, 238 p.
- Jones, C.A. and J.R. Kiniry. (1986). *CERES-Maize. A simulation model of maize growth and development* Texas A&M University Press, 194 p.
- Loomis, R.S. and D.J. Connor. *Crop ecology: productivity and management in agricultural systems*. CUP, 538 p.
- Penning de Vries, F.W.T., Jansen, D.M., ten Berge, H.F.M. and A. Bakema. (1989). *Simulation of ecophysiological processes of growth in several annual crops*. Pudoc, Wageningen, 271 p.
- van Keulen, H. and N.G. Seligman (1987). *Simulation of water use, nitrogen nutrition and growth of a spring wheat crop*. Pudoc, Wageningen, 310 p.



## Consecuencias de una crisis humanitaria: Desastre humano y Desastre mediambiental

*Càrol Puig<sup>1</sup> y Nieves Molina<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Departament d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica y Geofísica de la UPC

Jordi Girona, 1-3, mòdul D2

08034 - Barcelona, Spain

<sup>2</sup>Department of International Law. University of Copenhagen

St. Kannikestraede, 11

Copenhagen, Denmark

carol.puig@upc.edu <sup>1</sup>, nieves.molina.clemente@jur.ku.dk <sup>2</sup>

### 1. Contexto

El material docente Consecuencias de una crisis humanitaria: desastre humano y desastre medioambiental, ha sido diseñado para el seguimiento de la asignatura SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) que se integra en el plan de estudios de Ingeniería Geológica, titulación impartida conjuntamente entre la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona de la Universidad Politècnica de Catalunya (UPC) y la Facultad de Geología de la Universidad de Barcelona (UB).

| Universidad  | Universitat Politècnica de Catalunya                         |
|--------------|--|
| Centro       | 250 E.T.S d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona |
| Titulación   | Ingeniería Geológica   |
| Departamento | 780 Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica         |
| Asignatura   | 18635 Sistemas de Información Geográfica                     |
| Créditos     | 4,5, obligatoria   |
| No. Alumnos  | 30   |

La asignatura pertenece al bloque curricular del cuarto curso de dicha titulación. Se organiza cuatrimestralmente y su carga lectiva es de 4,5 créditos (3 horas/semana). Una tercera parte de las clases se dedica a la explicación de conceptos teóricos y el resto se dedica a sesiones en el laboratorio.

La finalidad de esta asignatura es que los estudiantes alcancen conocimientos sólidos basados en fundamentos metodológicos de las herramientas SIG. Aunque la asignatura representa una primera introducción en dicho contexto, no se pretende especializar a los estudiantes en un software específico sino en la comprensión de aspectos fundamentales relativos a cómo tratar y analizar los datos localizados sobre el territorio.

Finalizada la asignatura y por tanto la primera introducción formal a las herramientas SIG, el estudiante podrá aplicar sus nuevos conocimientos en el ámbito profesional y académico sabiendo valorar en cada situación cómo, cuándo y cuál utilizar de entre todas ellas.

Los objetivos conceptuales definidos para esta asignatura son:

- Comprender la naturaleza de los sistemas de información geográfica.
- Conocer las estructuras de datos utilizados en la modelización de la realidad.
- Conocer las principales fuentes de datos SIG así como la introducción, estructura y almacenaje de la información espacial.
- Conocer y comprender las principales funciones de manipulación y análisis.
- Conocer las principales aplicaciones de los SIG.

En el contenido práctico de la asignatura se muestran aplicaciones concretas de los SIG con temáticas transversales como por ejemplo, la elaboración de mapas de riesgo sísmico, de inundaciones, de calidad de abastecimiento de agua en zona rural, ... entre otras.

Este material docente es de utilidad para el desarrollo del programa en las sesiones de laboratorio de la asignatura, ya que en dos de las tres previstas se han previsto actividades de análisis de casos mediante herramientas SIG.

Cabe destacar que los materiales diseñados para seguimiento del programa de la asignatura son transversales entre el currículum de la titulación y otros conocimientos que adquiera o posea el estudiante en el ámbito de la ingeniería así como otros vinculados a su formación. Por ejemplo, el material de esta asignatura es de aplicación en la de *Sistemas de Información Geográfica y Teledetección aplicados a cooperación* (que pertenece al programa del **Máster de Sostenibilidad de la Universitat Politècnica de Catalunya**).

Fundamentalmente, los materiales docentes se articulan en dos ejes: **Crisis humanitaria** y el **Desastre medioambiental** entorno a los campos de refugiados y asentamientos humanos como consecuencia de flujos de refugiados durante la emergencia o crisis humanitaria.

## **2. Esquema**

*Ejes:* Sostenibilidad, Medioambiente, Desarrollo Humano, Diversidad/Multiculturalidad y Aprendizaje Cooperativo.

*Módulo:* Consecuencias de una crisis humanitaria: desastre humano y desastre medioambiental.

**Tabla 1. Consecuencias de una crisis humanitaria: desastre humano y desastre medioambiental.**

| OBJETIVOS  | METODOLOGÍA   | SISTEMA DE EVALUACIÓN   | TEMPORALIZACIÓN  |
|--|---|---|--|
| <p><b>CONCEPTUALES:</b></p> <p>Conocer la problemática existente cuando se producen crisis humanitarias desde el punto de vista humano y la problemática medioambiental surgida.</p> <p>Manejar los diferentes conceptos de refugio.</p> <p>Analizar los diferentes contextos y causas de la migración forzada.</p> <p>Analizar las obligaciones que los flujos migratorios despliegan en los Estados y en la comunidad internacional. Manejo del Principio de cooperación internacional y de “burden sharing”.</p> <p>Analizar el contexto actual de refugiados y desplazados.</p> <p>Analizar las consecuencias medioambientales de asentamientos y campos de refugiados para el país huésped.</p> <p>Manejar las respuestas internacionales y de las agencias internacionales con mandato dentro de las crisis humanitarias.</p> <p>Trabajar los conceptos de deterioro de recursos naturales, de impactos irreversibles en el medio ambiente, de impactos sociales en la población local y de impactos económicos.</p> <p>Conocer los principios básicos de UNHCR sobre actividades medioambientales.</p> <p>Reconocer los peligros medioambientales durante las diferentes fases del refugio.</p> | <p>Se realizarán sesiones teóricas introductorias a la problemática a tratar y se promoverá el debate entre los estudiantes dirigido por el docente. Todas las sesiones se apoyarán en fotografías y material visual para facilitar el entendimiento de los retos que este campo de trabajo plantea. La visualización mediante materiales gráficos facilitará un acercamiento al campo de trabajo que de otra manera los estudiantes podrían percibir como teórico o, simplemente distante a su campo de experiencia</p> <p>Las sesiones finalizarán con un número de preguntas clave que deberán ser respondidas y debatidas por los estudiantes en un debate facilitado por el docente o por un experto en la materia</p> <p>Previamente a las sesiones se aconsejará a los estudiantes la visita a páginas web o la lectura de artículos que se encontrarán en la carpeta de materiales de apoyo.</p> <p>Se planificará la visita de algún experto en la temática.</p> | <p>El sistema de evaluación de los materiales se integrará dentro del sistema de evaluación general de la asignatura.</p> <p>La asignatura sigue el sistema de evaluación continuada y concluye con una pequeña prueba escrita a final de curso para verificar si el estudiante ha asumido los objetivos planteados de la asignatura.</p> | <p>Los materiales se presentan en <b>tres sesiones</b> consecutivas y están pensadas para ser introducidas cuando el estudiante haya adquirido destrezas básicas en herramientas SIG.</p> <p>En <b>la primera sesión</b> se introducen los conceptos de refugiado y desplazado a consecuencia de crisis humanas.</p> <p>En <b>la segunda sesión</b> la problemática medioambiental generada por el gran número de desplazados en un intervalo corto de tiempo. Personas que han salido huyendo de sus lugares y que necesitan un hogar donde poderse refugiar con los suyos y también acceder a alimentos.</p> <p>En <b>la tercera sesión</b> se trabajará un caso práctico concreto, trabajando tanto la crisis humana como la medioambiental desde una herramienta de SIG.</p> |

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| Conocer criterios de diseño y gestión de los sistemas de información geográfica.  |  |  |  |
| <p><b>ACTITUDINALES:</b></p> <p>Sensibilidad hacia las crisis humanitarias y hacia los problemas medioambientales.</p> <p>Implicación y participación de futuros ingenieros en la respuesta a crisis humanitarias.</p> <p>Actitud participativa para tratar esta temática.</p> <p>Actitud hacia la cooperación al desarrollo.</p>   |  |  |  |
| <p><b>PROCEDIMENTALES:</b></p> <p>Analizar las respuestas internacionales – gubernamentales, institucionales, regionales y de la sociedad civil hacia crisis humanitarias.</p> <p>Analizar las posibles alternativas como respuesta a las crisis humanitarias en el contexto actual.</p> <p>Analizar de forma crítica las posibles soluciones.</p> <p>Conocer los procesos de captura y organización de datos, integración de información de diversas fuentes y modelos de datos en un Sistema de Información Geográfica.</p> |  |  |  |

### **3. Descripción de las sesiones**

#### **3.10. Metodología y temporalización de las sesiones**

La asignatura se impartirá en tres sesiones presenciales de dos horas de duración cada una. En la primera sesión se establecerá un contexto sobre el concepto de refugiado y de migración forzada, la situación actual de los refugiados y desplazados en el mundo, así como la respuesta internacional a través de las agencias internacionales y de los estados. La segunda sesión estará destinada a la problemática medioambiental en los diferentes estadios del refugio y se empezará a trabajar con herramientas de Sistemas de Información Geográfica. Y en la tercera sesión se realizará una práctica tutorizada sobre un caso específico.

A continuación se detalla la temporalización de cada una de las sesiones:

##### *Primera sesión. Crisis humanitaria*

- 1.- Contextualización de la migración y de los movimientos humanos. (30 minutos).
- 2.- Análisis de las obligaciones de los Estados y de la comunidad internacional de proveer asistencia y protección. (30 minutos).
- 3.- Respuestas nacionales e internacionales a éxodos masivos. El ACNUR y otros actores en el terreno. (30 minutos)
- 4.- Debate y discusiones facilitadas por el experto. (30 minutos)

##### *Segunda sesión. Crisis medioambiental*

- 1.- Consideraciones medioambientales en las operaciones del ACNUR. El medioambiente en el contexto del refugio. (30 minutos)
- 2.- Recomendaciones medioambientales en la fase de emergencia, mantenimiento y larga duración de los campos de refugiados. (60 minutos)
- 3.- Debate conducido sobre los campos de refugiados y el medioambiente. (30 minutos)

##### *Tercera sesión. Análisis de casos con SIG i Teledetección*

- 1.- Presentación y análisis de los diferentes casos que serán tratados (75 minutos).
- 2.- Debate conducido sobre la problemática medioambiental en los casos analizados (30 minutos)
- 3.- Propuesta de ejercicio para evaluar (15 minutos)

#### **3.11. Descripción general de las sesiones**

En todas las sesiones, y mediante presentaciones en PowerPoint, se ofrecerá una representación de la realidad a los estudiantes en el aula sobre el trabajo de campo a través de material gráfico y visual.

##### *Primera sesión. Crisis humanitaria*

Análisis conceptual del refugiado o de asilado que, comúnmente, adquiere connotaciones que sugieren circunstancias personales intolerables para una persona o colectivo de personas que se ven obligadas a huir. El destino es irrelevante, sugiere una huida hacia un lugar seguro. Las razones de esa huida son diversas, bien huir de privaciones y pobreza, persecución, guerra, desastres naturales, terremotos o hambrunas. Por otro lado, el concepto implica que los que huyen merecen recibir asistencia y protección frente a las causas de tal huida. El fugitivo, el

criminal que huye de la justicia por razones no políticas, queda intuitivamente fuera de este concepto.

Desde el punto de vista del derecho internacional, el concepto de refugiado se articula desde unos parámetros más concretos. Por un lado, para aquellos que huyen de calamidades naturales, el simple hecho de la necesidad puede justificar la asistencia y protección internacional. Sin embargo, para aquellos que huyen de desastres humanos se requieren otros elementos para activar la obligación internacional de protección y asistencia. Bajo la Convención de Ginebra de 1951 de protección al Refugiado y su Protocolo de 1967, las personas deben tener un temor bien fundamentado de ser perseguidas por sus creencias políticas, por su nacionalidad, por su raza o por pertenecer a un grupo particular de la población. Asimismo, se deben encontrar en una situación en la que no puedan o no quieran valerse de la protección de sus propios estados. Instrumentos regionales tales como la Declaración de Cartagena y la Convención de 1969 sobre problemas de refugiados de la *African Union* (AU) / *Organisation of African Unity* (OAU) establecen conceptos de refugio que incluyen flujos humanos huyendo de guerra, violencia generalizada.

Cuando debatir sobre todos estos conceptos legales podría parecer un ejercicio semántico y fútil, los estados los han establecido para diferenciar sus obligaciones con respecto a personas o grupos de personas en necesidad de protección o asistencia.

Los flujos de migración, ya sea por razones económicas, políticas, guerras, o calamidades naturales, han sido objeto de un caluroso debate, no solo en España por su posición geopolítica con respecto a Europa, sino en todo el mundo. Se calcula que desde 1945, aproximadamente unos 60 millones de personas fueron obligadas a dejar sus hogares. Según cifras del Alto Comisionado de Naciones Unidas para los Refugiados (ACNUR), actualmente existen cerca de 33 millones de refugiados y desplazados en el mundo, en los que no están incluidos los desplazados por catástrofes naturales tales como inundaciones, terremotos, tsunamis etc.

Estas cifras son indudablemente sobrecogedoras. Aunque en los últimos años, Estados industrializados han formulado su preocupación sobre los efectos que grandes grupos de desplazados y refugiados pueden suponer para ellos y sus sociedades, la realidad es que la mayor parte de los refugiados y desplazados (especialmente en África) reciben ayuda, protección y asistencia de países no industrializados. Los países que mantienen gran cantidad de refugiados y desplazados han comenzado a expresar su preocupación sobre el efecto y el coste que supone para ellos. En este sentido, Tanzania y Pakistán por ejemplo han expresado su preocupación sobre el hecho de que la comunidad internacional y los proveedores de fondos parecen sufrir de una “fatiga” para continuar apoyando situaciones de refugio a largo plazo. Estos Estados han llamado a los estados industrializados “o ricos” a continuar colaborando, especialmente en aquellas situaciones donde no se prevé una solución a corto plazo, de acuerdo con el principio de cooperación internacional y de “burden sharing”.

El ACNUR ha elaborado un informe sobre el impacto y el coste del mantenimiento de flujos de refugiados y desplazados. Cuando no hay duda de que este impacto debe contemplar aspectos económicos y sociales, los efectos medioambientales de grandes asentamientos de población, que se crean de una manera rápida como consecuencia de una emergencia, no pueden ser subestimados.

### *Segunda sesión. Crisis medioambiental*

En esta sesión se abordarán cuestiones ambientales asociadas a las altas concentraciones de personas, refugiados y/o desplazados, en una ubicación concreta durante un corto periodo de tiempo.

Como se ha visto en la sesión anterior, la mayoría de los refugiados del mundo se encuentran en los países menos desarrollados. Las consecuencias medioambientales que el movimiento de población y el asentamiento de ésta, muchas veces por periodos largos de tiempo, pueden ser incalculables. La búsqueda de materiales para construir viviendas provisionales, la recogida de madera para el fuego, la caza de animales para alimentarse causan problemas de deforestación, erosión del suelo y alteran gravemente el ecosistema de la zona. Los recursos naturales peligran por la llegada súbita de un número elevado de refugiados.

Tradicionalmente, los aspectos de daño medioambiental se han considerado en un segundo plano, dando prioridad a las necesidades de la crisis humanitaria como necesidades inmediatas. Sin embargo, existe una relación muy estrecha entre el bienestar humano, el medio ambiente y los recursos naturales. En este sentido, existe una necesidad urgente de desarrollar protocolos para dar respuesta a las crisis humanitarias que integren las preocupaciones medioambientales dentro de la respuesta a la emergencia.

Algunas de las preocupaciones ambientales asociadas a la presencia de refugiados son:

**Degradación de recursos naturales** como bosques, suelos y recursos hídricos. El agotamiento de estos recursos a menudo se acompaña por su empobrecimiento biológico. La contaminación de agua tanto superficial como subterránea ocurre cuando las medidas de saneamiento son inadecuadas, o por el uso inapropiado de productos agroquímicos.

**Impactos irreversibles sobre recursos naturales**, en particular, sobre las áreas de alto valor ambiental. Los impactos se relacionan con la pérdida de diversidad biológica del área y con la función que estos espacios proporcionan de ecosistemas. Algunas de estas áreas pueden ser de importancia nacional o global. El daño a los recursos naturales muchas veces es irreversible, y merece esfuerzos especiales para asegurar su integridad.

**Impacto sobre la salud.** El empobrecimiento de los recursos naturales directamente puede minar la salud de un grupo ya debilitado de personas. La escasez de combustible, por ejemplo, puede originar que el alimento no esté debidamente cocinado. En campamentos de refugiados con un número muy elevado de personas, la transmisión de enfermedades se acelera, mientras la instalación incorrecta de letrinas puede causar la contaminación de reservas de aguas subterráneas. El polvo en suspensión generado por el movimiento de manadas de ganado así como vehículos, y el humo generado al quemar combustible de baja calidad, aumenta la incidencia de enfermedades respiratorias. La mayor parte de estos problemas tienden a afectar desproporcionadamente a los grupos más vulnerables, como son los ancianos o los más jóvenes.

**Impacto sobre las condiciones sociales.** Los efectos de degradación ambiental, en particular, aquellos relacionados con la búsqueda de combustible, afectan principalmente a las mujeres y a los niños. Las mujeres pasan largo tiempo buscando y posteriormente acarreado madera, actividades que las ponen en riesgo y que hacen que el tiempo dedicado al cuidado de la familia disminuya. Los niños también se dedican a tareas similares de busca y recolección de combustible, con lo cual el tiempo que disponen para asistir a la escuela se reduce.

**Impactos sociales sobre las comunidades locales.** La comunidad local sufre los mismos impactos a nivel social que los refugiados. La competencia por los escasos recursos como son el combustible, el forraje para los animales y el agua, puede causar fácilmente un conflicto entre los grupos.

**Impactos económicos.** La gran afluencia de refugiados se siente en los mercados locales. Mientras algunos sectores de la población local pueden beneficiarse, hay otros más amplios que se ven afectados desfavorablemente, la demanda de ciertos productos y servicios se encarecen. La deforestación, la degradación de tierra y el agotamiento de los recursos hídricos acarrearán un

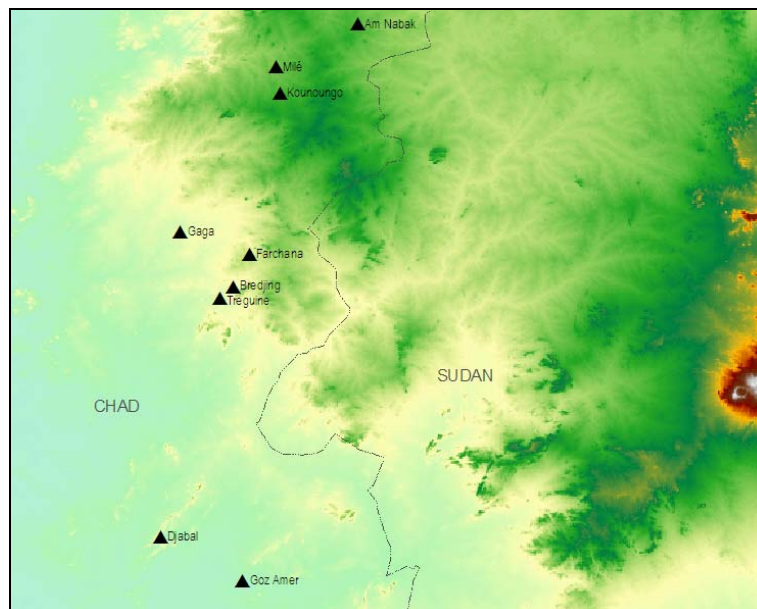
coste económico para la población local. Las consecuencias de la degradación ambiental en los alrededores de los campamentos de refugiados se hacen notar a distancias considerables: la erosión, por ejemplo, puede causar barrancos locales, una disminución radical en la fertilidad de suelo y la sedimentación de ríos locales y alejados.

La política medioambiental del ACNUR integra todas las fases de ayuda al refugiado: fase de emergencia, fase de mantenimiento y fase duradera. En esta última fase, se incluyen actividades tales como la rehabilitación ambiental del territorio en el país de asilo después de la repatriación, o la reintegración de personas retornadas a sus países de origen.

Los problemas ambientales que afrontan ACNUR, refugiados / personas regresadas y poblaciones locales pueden variar de un lugar a otro según el clima y la topografía del área, así como sean las condiciones socioeconómicas predominantes.

### *Tercera sesión. Análisis de un caso con SIG y Teledetección*

En esta última sesión se muestra el SIG como herramienta muy útil para estudiar las consecuencias de una crisis humanitaria. En concreto, se centra en la zona de campos de refugiados en el Este del Chad creada a consecuencia del eterno conflicto de Darfur (Sudan).

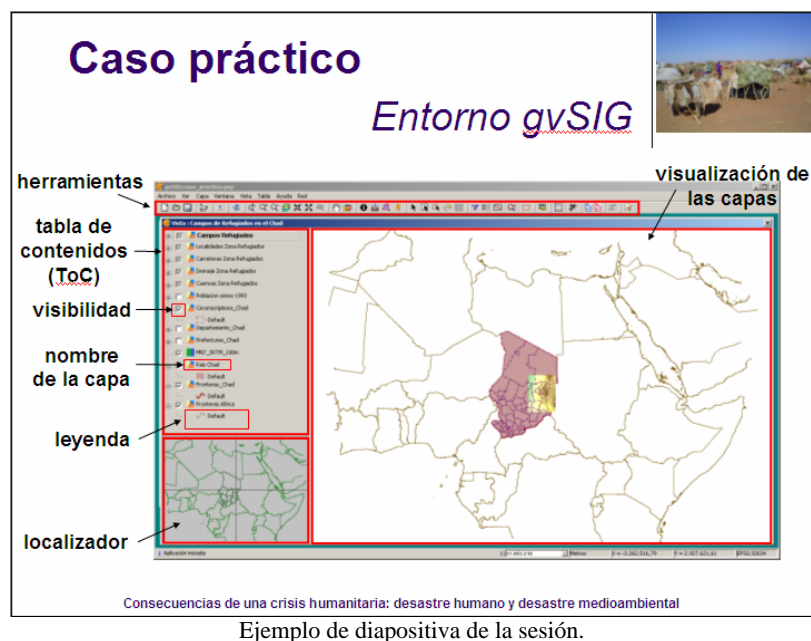


Zona de los campos de refugiados del Chad.

El caso práctico tiene por objetivo acercar al estudiante a la problemática humanitaria-medioambiental creada por los campos de refugiados de esta zona a través de la utilización de un SIG. Particularmente, se utiliza un programa de SIG de libre distribución, mediante el cual el alumno conoce la naturaleza del propio SIG y aprende las técnicas fundamentales de tratamiento y análisis de los datos.

La información geográfica de la zona con la que se trabaja está georeferenciada y preparada para que el estudiante la visualice directamente y pueda observar cómo se estructuran y almacenan en el SIG.





Ejemplo de diapositiva de la sesión.

Al alumno, se le propone modificar algunas de las propiedades de los datos espaciales para realizar un estudio comparativo temporal entre ellos. También se le tutoriza para que manipule la información y realice un análisis utilizando algunas de las principales aplicaciones del SIG.

Finalmente, se propone un ejercicio práctico de evaluación que el alumno deberá resolver con los conocimientos adquiridos durante las sesiones.

En resumen, el caso de los campos de refugiados del Chad, sirve de ejemplo para enseñar al alumno, de una forma rápida y sencilla, que la utilización de los SIG y la Teledetección da resultados objetivos y eficaces en el análisis y evaluación de las crisis humanitarias.

### 3.12. Descripción del material necesario para las sesiones

Las sesiones de apoyaran en presentaciones en power point y en material gráfico que se aportan en formato digital. Las sesiones están pensadas para que los estudiantes las sigan en un aula informática con acceso a internet.

En la tercera sesión se trabajará con una herramienta SIG de libre distribución, en concreto gvSIG, donde se presentará un caso práctico. Se adjunta el software, los datos, manuales y tutoriales para seguir el caso práctico y realizar el ejercicio que se propondrá.

### 3.13. Evaluación y seguimiento del aprendizaje de los alumnos.

Como evaluación se planteará a los estudiantes el análisis práctico de un caso de éxodo masivo de refugiados, incluyendo la perspectiva medioambiental.

## 4. Recursos

Se incluyen una serie de recursos en formato digital organizado por sesiones. Estos recursos son: presentaciones en formato PowerPoint, manuales para seguir los ejercicios prácticos propuestos, datos para realizar dichos ejercicios y el software necesario para su realización.

Así mismo se añade material complementario para, que el estudiante que lo desee pueda profundizar en la temática tratada en los materiales.

## 5. Bibliografía

- Guy S. Goodwin- Gill & Jane McAdam. *The Refugee in International Law*. Third Edition. Oxford University Press
- James C. Hathaway. *The Rights of Refugees under International Law*. Cambridge University Press
- A. Vibeke Eggli. 2002. *Mass Refugee Influx and the Limits of public International Law*. (The Hague: Martinus Nijhoff Publishers.
- Pecoud. P. de Guchteneire. 2005. *Migration without borders: an investigation into the free movement of people*. Global Migration Perspectives (Geneva: Global Commission on International Migration)
- Sir Elihu Lauterpacht and Daniel Bethlehem. The scope and content of the principle of *non-refoulement*: Opinion” <http://www.unhcr.org/publ/PUBL/419c75ce4.pdf>
- G.Noll. 2003. *Visions of the exceptional: Legal and Theoretical Issues Raised by Transit. Processing Centres and Protection Zones*. 5 European Journal of Migration and Law (303-341)
- Refugee Operations and Environmental Management - Selected Lessons Learned* .2001. Engineering and Environmental Services Section United Nations High Commissioner for Refugees. <http://www.unhcr.org/protect/PROTECTION/406c34174.pdf>
- RHIND, D.W. 1990. “*Why GIS?*”, in *Understanding GIS. The ArcInfo Method*. editor: ESRI. California.
- Robinson, A.H., Morrison, J.L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A.J. i Guptill, S.C. 1995. *Element of Cartography*. J. Wiley&Sons (6a ed). New York.
- Santos Preciado, J.M. 2004. *Sistemas de Información Geográfica*. Ed: Universidad de Educación a Distancia. Madrid.
- Snider, J. 1987. *Map projections. A working manual*. G.P.O. Washington.
- UNHCR Environmental Guidelines*. 2005. Engineering and Environmental Services Section United Nations High Commissioner for Refugees. <http://www.unhcr.org/protect/PROTECTION/3b03b2a04.pdf>





*Con el apoyo de:*

